

E 2040

ETE

REFERALVA

R 1989 -06- 12

~~ETE~~

Electrotehnica Electronica Automatica

AUTOMATICA ŞI ELECTRONICA • BUCUREŞTI • ANUL 33 • NR. 1 • MARTIE 1989



CAS-89

CONFERINȚA ANUALA DE SEMICONDUCTOARE EDIȚIA A 12-A

**Organizată de Academia R. S. România-Secția Științe Tehnice
și CCSIT-Componente Electronice 11-14 octombrie 1989**

SCOP

CAS constituie forumul anual de prezentare și dezbateri a realizărilor valoroase din țara noastră în domeniul electronicii semiconductoarelor.

PROFIL TEMATIC

Profilul conferinței este orientat către fizica, tehnologia și aplicațiile componentelor microelectronice, cercetate și realizate pe suport semiconductor. La edițiile precedente s-au organizat secțiuni care, fără a fi limitative, rămân valabile și anul acesta pentru definirea profilului CAS :

- analiza și modelarea dispozitivelor semiconductoare ;
- proiectare/inginerie asistată de calculator (CAD/CAE), inclusiv calculatoare personale și stații de lucru ;
- tehnologii de microlitografie ;
- tehnologii și utilaje de procesare a siliciului ;
- cercetări avansate („fundamentale”) de materiale și dispozitive semiconductoare ;
- circuite integrate (microelectronică) ;
- dispozitive semiconductoare de putere (microelectronică de putere) ;
- transductoare (senzori) cu semiconductoare ;
- fiabilitatea componentelor semiconductoare ;
- algoritmi și metode de testare (dispozitive și materiale semiconductoare) ;
- aplicații originale ale dispozitivelor semiconductoare.

TERMENE

Acceptarea lucrărilor se va face în două trepte consecutive și interdependente : pe bază de redactări preliminare (treapta I) și pe bază de redactări finale pentru volumul tipărit (treapta II). Termenele limită de primire a materialelor sînt următoarele :

- Redactări preliminare (treapta I) 30 martie 1989
- Redactări finale pentru volumul tipărit (treapta II) 30 mai 1989
- Lucrări invitate 30 mai 1989

Redactările preliminare, pentru preselecție, (4 pagini format A₄ + 3 copii xerox/carbon) vor fi transmise organizatorului conferinței :

Ing. Doina Vancu, organizator CAS-89, CCSIT-CE
Str. Erou Iancu Nicolae 32 B, București

„LUCRĂRILE CAS - 89”

Redactările finale ale lucrărilor vor fi realizate pe formulare speciale, furnizate de către organizatori odată cu răspunsurile la treapta I de selecție.

Volumul „Lucrările CAS-89” va fi realizat fotografic prin tehnica foto-offset.

Lucrările invitate, care, la această ediție, vor fi tipărite în volumul „Lucrările CAS-1989”, vor fi redactate pe același tip de formulare speciale.

Ca și în anii precedenți, lucrările pot fi redactate în limbile română sau engleză.

PROGRAM ȘTIINȚIFIC

Programul va conține comunicări prezentate oral și comunicări prezentate pe bază de afișe (POSTER).

Autorii care doresc apriori să își prezinte lucrarea prin afișare POSTER sînt rugați să specifice acest lucru la trimiterea ei.

PARTICIPAREA LA CONFERINȚĂ

Înscrierea la conferință se face prin completarea și trimiterea talonului de rezervare fermă (cazare, masă, transport) și achitarea taxei de participare de 150 lei, respectiv a cheltuielilor de cazare/masă (130 lei/zi individual) la sediul CAS/CCSIT-CE, cel tîrziu pînă la data de 20 AUGUST 1989.

Talonul de rezervare fermă (cazare, masă, transport) va fi furnizat de organizatori odată cu răspunsul pentru treapta II de selecție. Participanții fără lucrări își pot procura talonul de rezervare fermă de la sediul CAS (telefon 33.40.50./506).

ELECTROTEHNICA, ELECTRONICA ȘI AUTOMATICA

Anul 33

Nr. 1

martie 1989

AUTOMATICA ȘI ELECTRONICA

CUPRINS

EDITORIAL

CZ 681 :537.1

MATERIE PROFUNDĂ
CONTINUU ȘI DISCRET
INFORMAȚIE FENOMENOLOGICĂ ȘI STRUCTURALĂ

Drăgănescu, M.: O fizică bazată pe informație: puncte comparative de vedere.

E.E.A. — Automatica și electronica 33, nr. 1, mart 1989, p. 8

Enunțarea unei fizici bazate pe informație de către J. A. Wheeler în cadrul unui model al lumii în circuit închis autoconsistent, dar care generează paradoxuri este comparată cu enunțarea unei fizici structural-fenomenologice bazate pe informație, în cadrul unui model în inel: materie profundă-univers-materie profundă, inel-autoconsistent din punct de vedere material și informațional. Problema unei asemenea fizici interesează electronica, pentru care semnalul și informația sînt noțiuni fundamentale.

CZ 621.315.6 :537.1

COMPONENTE ELECTRONICE
CERCETARE ȘTIINȚIFICĂ
DEZVOLTAREA INDUSTRIEI ELECTRONICE

Gălățeanu, L.: Două decenii de activitate științifică și economică la I.C.C.E.

E.E.A. — Automatica și electronica 33, nr. 1, mart 1989, p. 14

Lucrarea face bilanțul realizărilor CCSIT—CE, la împlinirea a 20 de ani de activitate, evidențiind contribuțiile cercetării științifice din domeniul componentelor electronice la: i) dezvoltările de noi capacități de producție, (ii) asigurarea necesarului intern de componente și (iii) progresul științific în domeniul dispozitivelor semiconductoare. Sînt prefigurate direcțiile de dezvoltare a microelectronicii românești pentru etapa următoare, a „electronizării tuturor domeniilor vieții economice și sociale”, sarcină a Programului partidului de dezvoltare multilaterală a României.

CZ 538.3 :621.315

TRANZISTOARE CU INDUCȚIE STATICĂ
FACTOR DE BLOCARE STATIC
CANAL INTRINSEC

Rusu, A. ș.a.: Tranzistor cu inducție statică în tehnologie planară.

E.E.A. — Automatica și electronica 33, nr. 1, mart 1989, p. 22

În scopul verificării concepției proprii privind funcționarea și proiectarea tranzistorului cu inducție statică, în lucrare se prezintă date constructive și aspecte ale tehnologiei de

fabricație a structurii, precum și performanțele electrice care au rezultat în condițiile unei rezoluții de 3 μm pentru o grosime a canalului de injecție de 11 μm . Au fost obținute tranzistoare cu o capacitate curent/tensiune înscrisă în limitele 200 mA/150 V, cu amplificare de bandă largă pînă la 200 MHz.

CZ 621.362 :621.38

TERMODINAMICA PROCESELOR IREVERSIBILE
CELULA SOLARĂ
PRODUȚIE DE ENTROPIE

Căldăraru, F. ș.a.: O nouă aplicație a termodinamicii proceselor ireversibile: determinarea punctului de putere maximă al celulei solare cu joncțiune PN.

E.E.A. — Automatica și electronica 33, nr. 1, mart 1989, p. 24

Prezenta lucrare aplică ecuațiile fenomenologice ale termodinamicii proceselor ireversibile celulei solare cu joncțiune p-n. Se calculează producția de entropie a sistemului termodinamic considerat. Punctul de putere maximă se determină minimizînd producția de entropie în raport cu valoarea potențialului pe frontieră.

CZ 621.313 :620.9

ZGOMOT „FLICKER”
RECOMBINARE NERADIATIVĂ
FONON

Mihăilă, M.: Surse neradiative de zgomot „flicker” în tranzistorul bipolar.

E.E.A. — Automatica și electronica 33, nr. 1, mart 1989, p. 26

O serie de contradicții existente între teorie și experiment în domeniul zgomotului „flicker” (1/f) al tranzistorului bipolar sînt înlăturate prin considerarea proceselor de recombinare neradiativă în siliciu.

CZ 669.7 :621.385

SILICIURA METALICĂ
STĂRI DE INTERFAȚĂ
STRAT DE TRANZIȚIE

Brezeanu, Gh. ș.a.: Influența interfeței asupra caracteristicilor electrice la diodele Schottky, realizate cu silicuri.

E.E.A. — Automatica și electronica 33, nr. 1, mart 1989, p. 27

Se prezintă un nou model pentru contactul Schottky care ține cont de: (a) — stratul de tranziție cu proprietăți ce evoluează gradual de la cele ale metalului la ale semiconductorului și (b) — stările de interfață care se presupun activate de temperatură. Pentru validarea modelului se folosesc date experimentale măsurate pe diode $\text{CrSi}_2/\text{Si-n}$ și respectiv Au/GaAs-n .

CZ 654:535.2

FOTODETECTOR INTEGRAT COMUNICAȚII OPTICE

Hagimă, D. ș.a.: Fotodetector de viteză pentru comunicații optice.

E.E.A.—Automatica și electronica 33, nr. 1, mart 1989, p. 30

Lucrarea prezintă modul de realizare și performanțele unui fotodetector de viteză pentru comunicații optice realizat în tehnologia de circuit integrat monolitic. Se evidențiază modul de rezolvare a problemelor apărute datorită integrării pe același cip a unui dispozitiv optoelectronic cu un amplificator care trebuie să lucreze la curenți mici ($I_t < 10$ nA) și frecvențe ridicate ($B > 10$ Mz).

CZ 621.3.032

DISPOZITIVE SEMICONDUCTOARE RAPIDE

Dinoiu, Gh.: Comparație între difuziile de Au și de Pt pentru dispozitive semiconductoare rapide de înaltă tensiune și de putere.

E.E.A.—Automatica și electronica 33, nr. 1, mart 1989, p. 31

În această lucrare se prezintă un studiu comparativ între difuziile de Au și de Pt în siliciu de tip *n* pentru optimizarea proceselor de fabricație a dispozitivelor semiconductoare rapide de înaltă tensiune și de putere. Rezultatele obținute sînt, în bună concordanță cu ce s-a comunicat pînă acum în plus s-au obținut date care permit o mai precisă alegere a unuia dintre cei doi difuzanți Au sau Pt pentru fabricarea diodelor semiconductoare rapide de înaltă tensiune și de putere.

CZ 621.3.017:669.24

NICHEL CHIMIC DOPAT CU BOR CONTACTARE STRUCTURI HOMETAXIALE

Nedelescu, L. ș.a.: Studiul contactelor ohmice nichel (dopat cu bor) siliciu depuse chimic la tranzistoarele hometaxiale de putere.

E.E.A.—Automatica și electronica 33, nr. 1, mart 1989, p. 33

S-a studiat un nou procedeu de contactare a structurilor hometaxiale cu nichel dopat cu bor depus chimic. S-au determinat experimental parametrii optimi ai băii de nichelare chimică utilizată. Stratul de nichel depus a fost studiat din punct de vedere al compoziției chimice (prin difracție de raze X) și parametrilor fizici. S-a realizat o comparație din punct de vedere al parametrilor electrici între tranzistoare realizate cu nichel dopat cu fosfor și nichel dopat cu bor. Tranzistoarele obținute prin noul procedeu au caracteristici tehnice superioare.

CZ 537.12:681.6

ELECTRONOREZIST P M M A MICROLITOGRAFIE

Nicolau, D. ș.a.: Experimentări cu un electronorezist preparat IN-HOUSE.

E.E.A.—Automatica și electronica 33, nr. 1, mart 1989, p. 35

Sinteza polimetacrilatului de metil (PMMA), a permis studiul dependenței sensibilității și rezoluției acestuia, pentru microlitografia cu fascicul de electroni, de caracteristicile

polimerului. Pe această bază, s-au produs „in-house” două tipuri de electronorezist: tip I pentru microlitografie de înaltă rezoluție pe măști și plăchete de siliciu, (sensibilitate 80 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$, rezoluție maximă 0,2 μ), și tip II pentru microlitografia de sensibilitate crescută pe rețicule (sensibilitate 60 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$, rezoluție maximă 1 μm).

CZ 65.018:538.5

ORIGINAL

MONOCIP

EFICIENȚA

Șerbănescu, D. ș.a.: Circuit integrat triplu driver ROB 8088—pentru comanda și protecția tranzistoarelor PNP de putere.

E.E.A.—Automatica și electronica 33, nr. 1, mart 1989, p. 38

Lucrarea prezintă o schemă electrică originală de circuit integrat pentru comanda și protecția tranzistoarelor PNP de putere. Circuitul este realizat în tehnică MONOCIP și asigură o densitate maximă de cablare la beneficiar.

CZ 538.5:001.12

PLASARE

ASIGURARE LINIARĂ

ASIGURARE PĂTRATICĂ

Bălașa, F. ș.a.: Program de plasare inițială constructivă destinat circuitelor integrate semiprocesate.

E.E.A.—Automatica și electronica 33, nr. 1, mart 1989, p. 40

Lucrarea prezintă un algoritm de plasare a unui set de module interconectate într-o mulțime locații admisibile pe o arie dată. Algoritmul este structurat în două faze distincte: o poziționare relativă a modulelor, ignorînd locațiile admisibile, urmată de o asigurare optimă, astfel încît distorsionarea poziționării relative să fie minimă.

CZ 621.357.7:621.3.017

LPCVD

SURSE LICHIDE

Bădilă, M. ș.a.: Echipament de depuneri chimice din faza de vapori la joasă presiune (LPCVD) utilizînd surse lichide.

E.E.A.—Automatica și electronica 33, nr. 1, mart 1989, p. 41

Lucrarea prezintă un echipament de depuneri chimice din fază de vapori la joasă presiune (LPCVD) utilizînd surse lichide pentru depuneri de straturi subțiri dielectrice sau conductive cu aplicații în microelectronică, realizat în CCSIT—CE.

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof. dr. ing. C. APETREI; dr. ing. I. BĂTRÎNA; dr. ing. V. BUNEA; prof. dr. ing. V. CATUNEANU; ing. V. CEOCEONICA; prof. dr. doc. șt. teh. ing. V. CORLAȚEANU; prof. dr. ing. M. DRĂGĂNESCU; prof. dr. ing. M. HANGANUȚ; prof. dr. doc. șt. tehn. ing. G. HORTOPAN; ing. I. ILIESCU; ing. V. LEFTER; prof. dr. ing. C. MOCANU; prof. dr. ing. A. NICOLAIDE; ing. A. POPA; dr. ing. VALERIU STANCIU, redactor resp. adjunct; dr. ing. FLORIN TEODOR TÂNĂSESCU, redactor responsabil.

Redactor principal: VIORICA ANASTASESCU

Tehnoredactor: CORNELIA CRISTESCU

СОДЕРЖАНИЕ

РЕДАКЦИОННЫЙ

УДК 681:537.1

ГЛУБОКАЯ МАТЕРИЯ ПОСТОЯННО И ДИСКРЕТНО ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Дрэгэнеску, М.: Физика на основе информации: сравнительные точки зрения.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 33, № 1, март 1989 г., стр. 8

Представление физики основанной на информации Уйлером в рамках мировой модели в закрытой самоконсистентной цепи, но которая генерирует парадоксы, сравнивается с представлением феноменологической — структуральной физики основанной на информации, в рамках модели в виде кольцо-глубокая материя-все-ленная-глубокая материя, кольцо-самоконсистентны информационной и материальной точки зрения. Вопрос такой физики интересует электронику, для которой сигнал и информация являются фундаментальными понятиями.

УДК 621.315.6:537.1

ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ НАУЧНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗВИТИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Гэлэцану, Л.: Два десятилетия научной и экономической деятельности в И.С.С.Е.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 33, № 1, март 1989 г., стр. 14

Работа представляет баланс достижений ССР-И.С.С.Е. исполнения 20 лет деятельности, отмечая вклад научного исследования в области электронных компонентов в: (I) развитии новых производственных способностей (II) обеспечение внутренней необходимости компонентов и (III) научный прогресс в области полупроводниковых приборов. Намечаются направления развития румынской микроэлектроники для следующего этапа, „электронизации всех областей экономической и социальной жизни“, задание Программы партии относительно многостороннего развития Румынии.

УДК 538.3:621.315

ТРАНЗИСТОРЫ СО СТАТИЧЕСКОЙ ИНДУКЦИЕЙ СТАТИЧЕСКИЙ ФАКТОР БЛОКИРОВКИ ВСТРОЕННЫЙ КАНАЛ

Русу, А. и др.: Транзистор со статической индукцией в планарной технологии.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 33, № 1, март 1989 г., стр. 22

С целью проверки собственной концепции относительно функционирования и проектирования транзистора со статической индукцией, в работе представляются конструкторские данные и аспекты технологии изготовления структуры, а также электрические

рекорды, полученные в условиях революции 3 мкм для толщины канала инжекции 11 мкм. Осуществлены транзисторы со способностью ток/напряжение в диапазоне 200 мА/150 В, усилением широкой полосы до 200 МГц.

УДК 621.862:621.38

ТЕРМОДИНАМИКА НЕОБРАТИМЫХ ПРОЦЕССОВ СОЛНЕЧНАЯ ЯЧЕЙКА ПРОИЗВОДСТВО ЭНТРОПИИ

Кэлдэрару, Ф. и др.: Новое применение термодинамики необратимым процессам: определение точки максимальной мощности солнечной ячейки с переходом PN.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 33, № 1, март 1989 г., стр. 24

Настоящая работа применяет феноменологические уравнения термодинамики необратимых процессов солнечной ячейки с переходом PN. Вычисляется производство энтропии, учитывающей термодинамической системы. Точка максимальной мощности определяется с помощью минимизации производства энтропии в отношении со значением потенциала на границе.

УДК 621.313:620.9

ШУМ „ФЛИККЕР” НЕРАДИАТИВНОЕ ПЕРЕСОЕДИНЕНИЕ ФОНОН

Михэилэ, М.: Нерадиативные источники шума „фликкер” в биполярном транзисторе.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 33, № 1, март 1989 г., стр.

Ряд существующих противоречий между теорией и практикой в области шума „фликкера” (1/7) биполярного транзистора удаляются учитыванием процессов нерадиативного пересоединения в кремнии.

УДК 669.7:621.385

МЕТАЛЛИЧЕСКИЙ СИЛИЦИД ПОВЕРХНОСТНОЕ СОСТОЯНИЕ СЛОЙ ПЕРЕХОДА

Брезану, Г. и др.: Влияние интерфейса на электрические характеристики диод Шоттки, на основе силицидов.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 33, № 1, март 1989 г., стр. 27

Представляется новая модель для контакта шоттки, учитывающая: а) слой перехода со свойствами степенно развивающихся от свойств металла до полупроводника и б) состояния интерфейса, предполагаемые под под активацией температуры. Для утверждения модели применяются экспериментальные данные измеряемые на диодах и соответственно.

УДК 654: 585.2

ИНТЕГРАЛЬНЫЙ ФОТОДЕТЕКТОР ОПТИЧЕСКИЕ СВЯЗИ

Хажисма, Д. и др.: Фотодетектор скорости для оптических связей.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 33, № 1, март 1989 г., стр. 30

Работа представляет способ осуществления и рекорды фотодетектора скорости для оптических связей на основе технологии монокристаллической интегральной схемы. Подчеркивается способ решения вопросов, возникающих из-за интеграции на таком же чипе оптоэлектронного устройства с усилителем, который должен работать на малых токах ($I < 10$ нА) и повышенных частотах ($B > 10$ М).

УДК 621.3.032

БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ УСТРОЙСТВА

Димоя, Г.: Сравнение между диффузиями для быстродействующих полупроводниковых устройств высокого напряжения и мощности.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 33, № 1, март 1989 г., стр. 31

В работе представляется сравнительное изучение между диффузиями Au и Pt в кремнии типа и для оптимизации процессов изготовления быстродействующих полупроводниковых устройств высокого напряжения и мощности. Полученные результаты совпадают с результатами сообщенными до сих пор, кроме этого были получены данные, позволяющие более точный выбор одного или другого из тех двух элементов диффузии Au или Pt для изготовления быстродействующих полупроводниковых диодов высокого напряжения и мощности.

УДК 621.3.017: 669.24

ХИМИЧЕСКИЙ НИКЕЛЬ С ДОБАВКОЙ БОРА КОНТАКТ ГОМЕТАКСИАЛЬНЫХ СТРУКТУР

Неделеску, А. и др.: Изучение химических контактов никеля (с добавкой бора) кремния химически осажденных на гометаксиальных транзисторах мощности.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 33, № 1, март 1989 г., стр. 33

Был исследован новый процесс присоединения гометаксиальных структур с никелем с добавкой бора химически осажденного. Было определены экспериментально оптимальные параметры ванны химического никелирования при использовании. Осажденный слой никеля был исследован с точки зрения химического состава (дифракцией рентгеновских лучей) и физических параметров. Осуществилось сравнение с точки зрения электрических параметров между транзисторами, полученными на основе никеля с добавкой фосфора и никеля с добавкой бора. Транзисторы, полученные с помощью нового способа имеют высшие технические характеристики.

УДК 537.12: 681.6

ЭЛЕКТРОНОРЕЗИСТ Р М М А МИКРОЛИТОГРАФИЯ

Николчу, Д. и др.: Опыты с электронорезистом изготовленного на „IN HOUSE”.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 33, № 1, март 1989 г., стр. 35

Синтез полиметакрилата метила (РММА) позволил изучение зависимости чувствительности и разрешения этого для микролитографий с электронным пучком, от характеристик полимера. На этой основе были получены „IN HOUSE” два типа электронорезиста: тип I для микролитографий высокой разрешения на макс. и платах деревиния (чувствительность 80 мкС/см², макс. и платах кремния (Брвствительность 80 мкС/см² макс. разрешения 0,2 мк), и тип II для микролитографий повышенной чувствительности на сетках (чувствительность 60 мкС/см², макс. разрешения 1 мкм).

УДК 65.018: 538.5

ОРИГИНАЛЬНЫЙ МОНОЧИП ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Шербэнеску, Д. и др.: Тройная интегральная схема драйвер ROV 8088-для управления и проектирования транзисторов PNP мощности.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 33, № 1, март 1989 г., стр. 38

Работа представляет оригинальную электрическую схему интегральной цепи для управления и защиты транзисторов PNP мощности. Цепь осуществлена в технике MONOSIP и обеспечивает максимальную плотность монтажа схемы у потребителя.

УДК 538.5: 001.12

РАЗМЕЩЕНИЕ ЛИНЕЙНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КВАДРАТНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Бэлаша, Ф. и др.: Программа первоначального размещения в конструктивной форме предназначенная интегральным полупроцессорным схемам.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 33, № 1, март 1989 г., стр. 40

Работа представляет алгоритм размещения набора модулей, межсоединенных во множестве допустимых мест на данной площади. Алгоритм является структурным в двух отдельных фазах: относительное позиционирование модулей, независимо от допустимых мест, следующая оптимальным обеспечением, таким образом чтобы искажение, относительного позиционирования было минимальным.

УДК 621.357.7: 621.8.017

LCРVD ЖИДКОСТНЫЕ ИСТОЧНИКИ

Бадилэ, М. и др.: Оборудование химических осадений с фазы пара при низком давлении LCPVD, используя жидкостные источники.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 33, № 1, март 1989 г., стр. 41

Работа представляет оборудование химических осадений с фазы пара при низком давлении (LCPVD) используя жидкостные источники для осадений тонких диэлектрических или проводимых слоев с применениями в микроэлектронике, осуществленное в CCSIT-CE.

INHALT

LEITARTIKEL

DK 681 :537.1

TIEFGRÜNDIGE MATERIE
KONTINUIERLICH UND DISKRET
PHÄNOMENOLOGISCHE UND STRUKTURELLE
INFORMATION

Drăgănescu, M.: Eine informationsgestützte Physik: vergleichende Standpunkte.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, Nr. 1, März 1989, S. 8

Der Ausdruck einer informationsgestützten Physik von J.A. Wheeler im Rahmen eines Weltmusters in widerspruchsfreiem geschlossenem Kreis, aber das zu Paradoxen führt, wird mit dem Ausdruck einer strukturell-phänomenologischen informationsgestützten Physik, im Rahmen eines Ring-tiefgründige Materie — Weltall — tiefgründige Materie — Musters, widerspruchsfreier Ring aus materiellem und informationellem Standpunkt, verglichen. Am Problem einer derartigen Physik ist die Elektronik besonders interessiert, da für sie das Signal und die Information Grundbegriffe sind.

DK 621.315.6 :537.1

ELEKTRONISCHE BAUELEMENTE
WISSENSCHAFTLICHE FORSCHUNG
ENTWICKLUNG DER ELEKTRONIKERINDUSTRIE

Gălățeanu, L.: Zwei Jahrzehnte wissenschaftlicher und ökonomischer Tätigkeit bei I.C.C.E.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, Nr. 1, März 1989, S. 14

Anlässlich der 20 Tätigkeitsjahre, wertet diese Arbeit die CCSIT—CE—Leistungen aus und untersucht die Beiträge der wissenschaftlichen Forschung im Bereich der elektronischer Bauelemente betreffend: (i) die Entwicklung neuer Produktionskräfte, (ii) die Sicherung des intern Bestanteilbedarfs und (iii) der wissenschaftliche Fortschritt im Bereich der Halbleitervorrichtungen. Angezeigt werden die Entwicklungsrichtungen der rumänischen Mikroelektronik für die folgende Etappe, der „Elektronisierung aller Bereiche des ökonomischen und gesellschaftlichen Lebens“, Aufgabe des Parteiprogrammes zur vielseitigen Entwicklung Rumäniens.

DK 528.3 :621.315

TRANSISTOREN STATISCHER INDUKTION
STATISCHER SPERRFAKTOR
INTRINSIC KANAL

Rusu, A. u.a.: Transistor mit statischer Induktion in Planartechnologie.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, Nr. 1, März 1989, S. 22

Zur Prüfung der eigenen Auffassung bezüglich des Betriebes und Entwurfs des Transistors mit statischer Induktion, werden konstruktive Angaben und Gesichtspunkte der Strukturherstellertechnologie, sowie elektrische Höchstleistungen infolge einer Auflösung von $3\ \mu\text{m}$ für eine Dicke des Injektionskanals von $11\ \mu\text{m}$, dargestellt.

Es wurden Transistoren mit einer Strom/Spannung-Fähigkeit zwischen 200 mA/150 V und Breitband-Verstärkung bis zu 200 MHz, realisiert.

DK 621.362 :621.33

THERMODYNAMIK NICHTUMKEHRBARER PROZESSE
ENTROPIEPRODUKTION

Căldăraru, F. u.a.: Eine neue Anwendung der Thermodynamik nichtumkehrbarer Prozesse: Bestimmung der Höchstleistungsstelle einer Solarzelle mit Übergang PN.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, Nr. 1, März 1989, S. 24

Die vorliegende Arbeit wendet die phänomenologischen Gleichungen der Thermodynamik nichtumkehrbarer Prozesse an die Solarzelle mit PN—Übergang, an.

Es wird die Entropieproduktion des in Betracht gezogenen thermodynamischen Systems berechnet. Die Höchstleistungsstelle wird durch Minimierung der Entropieproduktion im Vergleich zum Grenzpotentialwert bestimmt.

DK 621.313 :620.9

„FLICKER“ — LÄRM
NICHTSTRAHLENDE REKOMBINATION
PHONON

Mihăilă, M.: Nichtstrahlende Rausch „FLICKER“ beim zweipoligen Transistor.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, Nr. 1, März 1989, S. 26

Durch Berücksichtigung der nichtstrahlenden Rekombination in Silizium wurden eine Reihe von Widersprüchen zwischen Theorie und Experiment im Bereich des „Flicker“ (1/f)—Rausch des bipolaren Transistors beseitigt.

DK 669.7 :621.385

METALLSILIZID
INTERFACEZUSTÄNDE
ÜBERGANGSSCHICHT

Brezeanu, Gh. u.a.: Einfluss des Interface auf die elektrischen Charakteristiken bei Schottky-Dioden, die mit Siliziden hergestellt werden.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, Nr. 1, März 1989, S. 27

Es wird ein neues Muster für den Schottky-Kontakt dargestellt, das: a) die Übergangsschicht mit sich stufenweise entwickelnden Eigenschaften von denen des Metalls zu denen des Halbleiters und b) die vermutlich von der Temperatur aktivierten Interfacezustände, berücksichtigt. Um das Muster gültig zu machen werden experimentelle Daten, die an Dioden $\text{CrSi}_2/\text{Si-n}$ und bzw. Au/GaAs-n gemessen wurden, verwendet.

DK 654 :535.2

INTEGRIERTER PHOTODETEKTOR
OPTISCHER VERKEHR
Hagimă, D. u.a.: Geschwindigkeitsdetektor für optischen Verkehr.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, Nr. 1, März 1989, S. 30

Es werden die Herstellungsart und die Höchstleistungen eines Geschwindigkeitsdetektors für den optischen Verkehr,

ausgeführt in der Technologie einer integrierten monolithischen Schaltung, besprochen. Hervorgehoben wird die Erledigungsart der Probleme die infolge der Integrierung auf demselben Chip einer optoelektronischen Vorrichtung mit einem Verstärker der an kleinen Strömen ($I_t < 10$ mA) und hohen Frequenzen ($B > 10$ Mz) funktionieren muss, entstanden.

DK 621.3.032

SCHNELLE HALBLEITERVORRICHTUNGEN

Dinoiu, Gh.: Vergleich zwischen den Au- und Pt-Diffusionen für schnelle Halbleitervorrichtungen hoher Spannung und für Leistungshalbleitervorrichtungen.

E.E.A.—Automatica și electronica 33, Nr. 1, März 1989, S. 31

Es wird ein vergleichendes Studium zwischen den Au- und Pt-Diffusionen in Si Typ n zur Optimierung der Herstellprozesse von schnellen Halbleitervorrichtungen hoher Spannung und von Leistungshalbleitervorrichtungen dargestellt. Die erzielten Ergebnisse entsprechen den bisherigen Mitteilungen und dazu wurden Angaben die eine genauere Auswahl einer der zwei Diffusanten Au oder Pt zur Herstellung der schnellen Halbleiterdioden hoher Spannung und der Leistungshalbleiterdioden, ermöglichen erhalten.

DK 621.3.017 :669.24

CHEMISCHES NICKEL VERUNREINIGT MIT BOR KONTAKTIERUNG HOMETAXIALE STRUKTUREN

Nedelescu, L. u.a.: Studium chemischer Kontakte Nickel (verunreinigt mit Bor) Silizium, chemisch deponiert an den hometaxialen Leistungs-Transistoren chemisch abgelagert wurden.

E.E.A.—Automatica și electronica 33, Nr. 1, März 189, S. 33

Es wurde ein neues Kontaktierungsverfahren hometaxialer Strukturen mit Nickel, das mit chemisch abgelagertem Bor verunreinigt wurde untersucht. Erfahrungsmässig wurden die optimalen Parameter des chemisch verwendeten chemischen Vernickelungsbads, bestimmt. Untersucht wurden die chemische Zusammensetzung und die physischen Parameter (durch Röntgenbeugung) der abgelegten Nickelschicht. Was die elektrischen Parameter betrifft verglich man die zwei Transistorarten — die hergestellt mit Phosphor verunreinigtem Nickel und die mit Bor verunreinigtem Nickel. Die neuen Transistoren haben ausgezeichnete technische Charakteristiken.

DK 537.12 :681.6

ELEKTRONORESIST PMMA MIKROLITHOGRAPHIE

Nicolau, D. u.a.: Versuche mit einem IN-HOUSE erzeugtem Elektronoresist.

E.E.A.—Automatica și electronica 33, Nr. 1, März 1989, S. 35

Die Synthese des Polymethylmethakrylats (PMMA) ermöglichte die Untersuchung der Abhängigkeit dessen Empfindlichkeit und Auflösung für die Mikrolithographie mit Elektronenbündel von den Charakteristiken des Polymers. Auf dieser Basis wurden „in-house“ zwei Elektronoresisttypen hergestellt: Typ I für die Mikrolithographie hoher Auflösung an Masken und Siliziumscheiben (Empfindlichkeit $80 \mu\text{C}/\text{cm}^2$, maximale Auflösung $0,2 \mu$) und Typ II für die Mikrolithographie hoher Empfindlichkeit auf dem Fadenkreuz (Empfindlichkeit $60 \mu\text{C}/\text{cm}^2$, maximale Auflösung $1 \mu\text{m}$).

DK 65.018 :538.5

ORIGINAL MONOCHIP WIRKUNGSGRAD

Șerbănescu, D. u.a.: Dreifache Integrierte Schaltung ROB 8088 — zur Steuerung und zum Schutz der PNP Leistungstransistoren.

E.E.A.—Automatica și electronica 33, Nr. 1, März 1989, S. 38

Es wird eine originale elektrische Anordnung einer integrierten Schaltung zur Steuerung und Schutz der Leistungstransistoren PNP, dargestellt. Die Schaltung ist in der MONOCHIP—Technik hergestellt und sichert eine maximale Verdrahtungsdichte beim Abnehmer.

DK 538.5 : 001.12

VERTEILUNG LINEARE VERSICHERUNG QUADRATISCHE VERSICHERUNG

Bălașa, F. u.a.: Programm konstruktiver Anfangsverteilung für halbprozedurierte integrierte Schaltungen.

E.E.A.—Automatica și electronica 33, Nr. 1, März 1989, S. 40

Es wird ein Algorithmus zur Verteilung eines Satzes in einer Menge zulässiger Ansatzpunkte auf einer gegebenen Fläche, verketteten Module, dargestellt.

Der Algorithmus besteht aus zwei unterschiedlichen Phasen: eine relative Positionierung der Module, indem die zulässigen Ansatzpunkte übergangen werden, und eine optimale Versicherung, so dass die Verzerrung der relativen Positionierung minimal ist.

DK 621.357.7 :621.3.017

LPCVD FLÜSSIGE QUELLEN

Bădilă, M. u.a.: Ausrüstung für chemische Ablagerungen aus der Dampfphase niederen Druckes (LPCVD) mit flüssigen Quellen.

E.E.A. — Automatica și electronica 33, Nr. 1, März 1989, S. 41

Die Arbeit beschreibt eine Ausrüstung für chemischer Ablagerungen aus der Dampfphase niederen Druckes (LPCVD) mit flüssigen Quellen für die Ablagerung dünner dielektrischer oder leitender Schichten mit Anwendungen in der Mikroelektronik. Diese Ausrüstung wurde bei CCSIT—CE hergestellt.

CONTENTS

EDITORIAL

CD 681 : 537.1

DEEP MATTER CONTINUOUS AND DISCRETE PHENOMENOLOGICAL AND STRUCTURAL INFORMATION

Drăgănescu, M.: Information-based physics. Comparative viewpoints.

E.E.A. — Automatica și electronica 33, nr. 1, March 1989, p. 8

J. A. Wheeler's statement of an information-based physics within a world model as a self-consistent, yet paradoxical, classed loop, is compared to that of a phenomenological-structural physics based on information within a ring model:

deep matter-universe-deep matter, where the ring is materially and informationally self-consistent. The problem of such a physics is of interest to electronics, for which signal and information are basic notions.

DC 621.315.6 : 537.1

ELECTRONIC COMPONENTS
SCIENTIFIC RESEARCH
DEVELOPMENT OF INDUSTRIAL ELECTRONICS

Gălășteanu, L.: Two decades of scientific and economic research in I.C.C.E.

E.E.A.—*Automatica și electronica* 33, nr. 1, March 1989, p. 14

The paper surveys CCSIT—CE developments after 20 years of activity, emphasizes the contributions of scientific research in the field of electronic components as to: (1) developments of new production capacities, (2) provision of components required in the institute, (3) scientific development in the field of semiconductor devices. There are outlined the trends of Romanian electronics development in the near future, of bringing electronics in all fields of economic and social life, a task specified in the Party's Program of Romania's Multi-Sided Development.

DC 538.3 :621.315

STATIC INDUCTION TRANSISTORS
STATIC BLOCKING FACTOR
INTRINSIC CHANNEL

Rusu, A. a.o.: Static induction transistor in planar technology.

E.E.A.—*Automatica și electronica* 33, nr. 1, March 1989, p. 22

With a view to validate our own outlook on the design and operation of static induction transistors, the paper introduces constructional data and aspects of this structure-manufacturing process, as well as the electrical performances resulted for a resolution of 3 μm and a thickness of the injection channel of 11 μm . Transistors with a power/voltage capability prescribed within 200 mA/150 V and a wide-band amplification up to 200 MHz were obtained.

DC 621.362 :621.38

IRREVERSIBLE PROCESS THERMODYNAMICS
SOLAR CELL
ENTROPY PRODUCTION

Căldăraru, F. a.o.: A new application of irreversible process thermodynamics: Evaluation of maximum power point of PN-junction solar cell.

E.E.A.—*Automatica și electronica* 33, nr. 1, March 1989, p. 24

This paper applies the phenomenological equations of irreversible process thermodynamics to p-n junction solar cells. The entropy production of thermodynamic system is computed. The maximum power point is determined by minimizing the entropy production in relation with the boundary potential value.

DC 621.313 :620.9

"FLICKER" NOISE
NON-RADIATING RECOMBINATION
PHONON

Mihăilă, M.: Non-radiating source of "flicker" noise in bipolar transistor.

E.E.A.—*Automatica și electronica* 33, nr. 1, March 1989, p. 26

Some of existing contradictions between theory and experiment in the field of „flicker” noise of bipolar transistor are avoided by considering non-radiative recombination processes in silicon.

DC 669.7 :621.335

METALLIC SILICIDE
SURFACE STATES
TRANSITION LAYER

Brezeanu, Gh. a.o.: Influence of interface on electrical features in silicide Schottky diodes.

E.E.A.—*Automatica și electronica* 33, nr. 1, March 1989, p. 27

A new model for the Schottky contact that considers: (a) — the transition layer with properties developing gradually from those of metal to those of semiconductor, and (b) — the interface states assumed as temperature-activated is presented. Experimental data measured on $\text{CrSi}_2/\text{Si-n}$ and respectively Au/Ga As-n are used to validate the model.

DC 654 :535.2

INTEGRATED PHOTODETECTOR
OPTICAL COMMUNICATIONS

Hagimă, D., a.o.: High speed photodetector for optical communication.

E.E.A.—*Automatica și electronica* 33, nr. 1, March 1989, p. 30

The work presents the production and performances of a photodetector for optical communications fabricated in monolithic integrated-circuit form. The way of solving problems that came up due to chip-integration of an optoelectronic device with an amplifier designed to operate at low currents ($I_f < 10 \text{ nA}$) and high frequencies ($B > 10 \text{ MHz}$) is emphasized.

DC 621.3.032

FAST SEMICONDUCTOR DEVICES

Dinoiu, Gh.: Comparison between Au and Pt diffusions for high voltage and power fast semiconductor devices.

E.E.A.—*Automatica și electronica* 33, nr. 1, March 1989, p. 31

The paper presents a comparative study between Au and Pt diffusions in n-silicon in order to optimize productions processes of high voltage and power fast semiconductor devices. The results obtained are in agreement with the literature. Besides, there were obtained data that allow a more accurate choice between the two Au or Pt diffusers to manufacture high voltage and power fast semiconductor devices.

DC 621.3.017 :669.24

BORON-DOPED CHEMICAL NICKEL
HOMETAXIAL STRUCTURE CONTACTING

Nedelescu, L. a.o.: Study of (Boron-doped) chemical Nickel contacts-chemically deposited silicon in power homotaxial transistors.

E.E.A.—*Automatica și electronica* 33, nr. 1, March 1989, p. 33

A new procedure of contacting boron-doped, chemically deposited Nickel homotaxial structures. The optimum parameters of the chemical nickel plating bath were experimentally determined. The deposited nickel layer was studied from the standpoint of chemical composition (by X-ray diffraction) and physical parameters. A comparison from the standpoint of electrical parameters between P-doped

and B-doped nickel transistors was drawn. Transistors obtained by this new procedure with higher technical features.

DC 537.12 :681.6

ELECTRON RESIST
PMMA
MICROLITHOGRAPHY

Nicolau, D. a.o. : Experiments with an IN-HOUSE produced electron resist.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, nr. 1, March 1989, p. 35

The synthesis of methyl polymetacrylat (PMMA) allowed the study of sensitivity and resolution dependence, for electron beam microlithography, on polymer characteristics. Two types of electron resist were manufactured in-house on this basis : type I for high resolution microlithography on masks and silicon wafers (sensitivity 80 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$, maximum resolution 0,2 μ) and type II for microlithography reticle-increased sensitivity (sensitivity 60 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ and maximum resolution 1 μm).

DC 65.018 :538.5

ORIGINAL
SINGLE CHIP
EFFICIENCY

Șerbănescu, D. a.o. : ROB 8088 triple driver integrated circuit to control and design PNP power transistors.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, nr. 1, March 1989, p. 38

The paper introduces an original circuit diagram of an integrated circuit to control and design PNP power transistors. The circuit is designed by single chip technique and ensures a maximum cable density for the user.

DC 538.5 :00.112

POSITIONING
LINEAR INSURANCE
SQUARE INSURANCE

Bălășa, F. a.o. : Program of initial constructional positioning designed for semi-processed integrated circuits.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, nr. 1, March 1989, p. 40

The paper presents the positioning algorithm of an interconnected module in a series of acceptable locations on a given area. The algorithm is structured into two distinct stages : a relative module positioning, ignoring acceptable locations followed by an optimal assurance so that the relative positioning distortion should be minimum.

DC 621.357.7 :621.3.017

LPCVD
LIQUID SOURCES

Bădilă, M. a.o. : Equipment of low pressure vapour chemical deposition (LPCVD) using liquid sources.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, nr. 1, March 1989, p. 41

The paper presents an equipment of low pressure vapour chemical deposition (LPCVD) using liquid sources for dielectric or conducting thin film depositions with applications in microelectronics, produced by CCSIT-GE.

RESUMÉ

EDITORIAL

CD 681 :537.1

MATIÈRE PROFONDE
CONTINU ET DISCRET
INFORMATION PHÉNOMENOLOGIQUE ET
STRUCTURELLE

Drăgănescu, M. : Une physique basée sur l'information : points de vue comparatifs.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, N° 1, mars 1989, p. 8

L'énonciation d'une physique basée sur l'information, entreprise par J. A. Wheeler au cadre d'un modèle du monde en circuit fermé autoconsistant mais engendrant des paradoxes, est comparée avec l'énonciation d'une physique structurale et phénoménologique basée sur l'information, au cadre d'un modèle en anneau : matière profonde — univers — matière profonde, anneau — autoconsistant du point de vue matériel et informationnel. Le problème d'une physique pareille présente de l'intérêt pour l'électronique, au cadre de laquelle le signal et l'information sont des notions fondamentales.

CD 621.315.6 :537.1

COMPOSANTES ÉLECTRONIQUES
RECHERCHE SCIENTIFIQUE
DEVELOPMENT DE L'INDUSTRIE ÉLECTRONIQUE

Gălățeanu, L. : Deux décennie d'activité scientifique et économique à I.C.C.E.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, N° 1, mars 1989, p. 14

L'ouvrage fait le bilan des réalisations de CCSIT-GE, qui fête ses 20 années d'activité, tout en mettant en relief les contributions de la recherche scientifique dans le domaine des composantes électroniques visant : (i) le développement de nouvelles capacités de production, (ii) la mise à la disposition du nécessaire interne des composantes et (iii) le progrès scientifique dans le domaine des dispositifs semi-conducteurs. On esquisse les directions des développement de la microélectronique roumaine dans l'étape à suivre, de „l'électro-nisation de tous les domaines de la vie économique et sociale”, tâche assignée dans le Programme du parti pour le développement multilatéral de la Roumanie.

CD 538.3 :621.315

TRANSISTORS A INDUCTION STATIQUE
FACTEUR DE BLOCAGE STATIQUE
CANAL INTRINSEQUE

Rusu, A. et al. : Transistor à induction statique en technologie planar.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, N° 1, mars 1989, p. 22

A l'intention de vérifier l'opinion personnelle visant le fonctionnement et la conception du transistor à induction statique, on présente dans l'ouvrage des données constructives et des aspects liés à la technologie de fabrication de la structure, ainsi que les performances électriques qui ont résulté dans les conditions d'une résolution de 3 μm pour une épaisseur du canal d'injection de 11 μm . On a obtenu des transistors ayant une capacité courant/tension s'inscrivant dans les limites 200 mA/150 V, avec amplification de bande large jusqu'à 200 MHz.

CD 681.362 :621.38

THERMODYNAMIQUE DES PROCESSUS IRREVERSIBLES
CELLULE SOLAIRE
PRODUCTION D'ENTROPIE

Căldăraru, F. et al. : Une nouvelle application de la thermodynamique des processus irréversibles : la détermination du point de puissance maximale de la cellule solaire à jonction PN.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, N° 1, mars 1989, p. 24

Le présent ouvrage applique les équations phénoménologiques de la thermodynamique des processus irréversibles dans le domaine de la cellule solaire à jonction p-n. On calcule la production d'entropie du système thermodynamique considéré. Le point de puissance maximale est déterminé en minimisant la production d'entropie par rapport à la valeur du potentiel en frontière.

CD 621.313 :620.9

BRUIT „FLICKER”
RECOMBINAISON NON-RADIATIVE
PHONON

Mihăilă, M. : Sources non-radiatives de bruit „FLICKER” dans le transistor bipolaire.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, N° 1, mars 1989, p. 26

Une série de contradictions existant entre la théorie et l'expérimentation dans le domaine du bruit „flicker”(1/f) du transistor bipolaire sont résolues par l'intermédiaire de la prise en considération des processus de recombinaison non-radiative dans le silicium.

CD 669.7 :621.385

SILICIURE METALLIQUE
ÉTATS D'INTERFACE
COUCHE DE TRANSITION

Brezeanu, Gh. et al. : L'influence de l'interface sur les caractéristiques électriques pour les diodes Schottky, réalisées avec des siliciures.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, N° 1, mars 1989, p. 27

On présente un nouveau modèle pour le contact Schottky qui prend en considération : (a) — la couche de transition ayant des propriétés à évolution graduelle, en partant de celles qui caractérisent le métal et jusqu'aux celles caractérisant le semi-conducteur et (b) — les états d'interface que l'on présuppose comme étant activés par la température. Pour valider le modèle on utilise des données expérimentales mesurées sur des diodes $\text{CrSi}_2/\text{Si-n}$ et respectivement Au/GaAs-n .

CD 654 :535.2

DETECTEUR PHOTO-ÉLECTRIQUE INTÉGRÉ
COMMUNICATIONS OPTIQUES

Hagimă, D. et al. : Détecteur photo-électrique de vitesse pour les communications optiques.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, N° 1, mars 1989, p. 30

L'ouvrage présente la modalité de réalisation et les performances d'un détecteur photo-électrique de vitesse pour

les communications optiques réalisé en technologie de circuit intégré monolithe. On met en évidence la modalité de résolution des problèmes dus à l'intégration sur le même chip d'un dispositif opto-électronique avec un amplificateur qui doit fonctionner avec des courants de basse intensité ($I_i < 10 \text{ nA}$) et de haute fréquence ($B > 10 \text{ MHz}$).

CD 621.3.032

DISPOSITIFS SEMI-CONDUCTEURS RAPIDES

Dinoiu, Gh. : Comparaison entre les diffusions de Au et de Pt pour les dispositifs semi-conducteurs rapides de haute tension et de puissance.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, N° 1, mars 1989, p. 31

Dans cet ouvrage on présente une étude comparative des diffusions de Au et de Pt dans le silicium de type n pour l'optimisation des processus de fabrication des dispositifs semi-conducteurs rapides de haute tension et de puissance. Les résultats obtenus sont en conformité avec les données communiquées jusqu'à présente, tout en comprenant des données supplémentaires qui font possible une sélection plus précise d'un des deux éléments de diffusion, Au ou Pt, pour la fabrication des diodes semi-conductrices rapides de haute tension et de puissance.

CD 621.3.017 :669.24

NICKEL CHIMIQUE DOPÉ DE BORE
CONTACTS POUR LES STRUCTURES HOMÉTAXIALES

Nedeleseu, L. et al. : Etude des contacts chimiques nickel (dopé de bore) silicium réalisés par déposition chimique pour les transistors hométaxiaux de puissance.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, N° 1, mars 1989, p. 33

On a étudié un nouveau procédé de réalisation des contacts pour les structures hométaxiales à nickel dopé de bore avec déposition chimique. On a déterminé de manière expérimentale les paramètres optimaux du bain de nickelage chimique utilisé. La couche de nickel déposée a été étudiée du point de vue de la composition chimique (par diffraction des rayons X) et des paramètres physiques. On a fait une comparaison du point de vue des paramètres électriques entre les transistors réalisés avec du nickel dopé de phosphore et ceux réalisés avec du nickel dopé de bore. Les transistors obtenus par l'application du nouveau procédé ont des caractéristiques techniques supérieures.

CD 537.12 :681.6

MATÉRIAU ÉLECTRONORÉSISTANT
PMMA
MICROLITHOGRAPHIE

Nicolau, D. et al. : Expérimentations avec un matériau électrorésistant préparé IN-HOUSE.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, N° 1, mars 1989, p. 35

La synthèse du polyméthacrylate de méthyle (PMMA), a permis l'étude de la dépendance de la sensibilité et de la résolution de celui-ci, pour la microlythographie à faisceau

d'électrons, par rapport aux caractéristiques du polymère. Sur cette base, on a produit „in-house” deux types de matériaux électronorésistants : type I pour la microlithographie à haute puissance de résolution sur masques et plaquettes de silicium, (sensibilité 80 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$, résolution maximale 0,2 μm), et type II pour la microlithographie de haute sensibilité sur réticules (sensibilité 60 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$, résolution maximale 1 μm).

CD 65.013:538.5

ORIGINAL
MONOCHIP
EFFICIENCE

Șerbănescu, D. et al. : Circuit intégré triple driver ROB 8033 — pour la commande et la protection des transistors PNP de puissance.

E.E.A. — Automatica și electronica 33, N° 1, mars 1989, p. 38

L'ouvrage présente un schéma électrique original de circuit intégré pour la commande et la protection des transistors PNP de puissance. Le circuit est réalisé en technique MONOCHIP et assure une densité maximale de câblage pour le bénéficiaire.

CD 538.5:001.12

PLACEMENT
ASSURANCE LINEAIRE
ASSURANCE CARRÉE

Bălașa, F. et al. : Programme de placement initial constructif pour les circuits intégrés semi-traités.

E.E.A. — Automatica și electronica 33, N° 1, mars 1989, p. 40

L'ouvrage présente un algorithme de placement d'un jeu de modules interconnectés dans un ensemble de locations admissibles sur une aire donnée. L'algorithme est structuré en deux phases distinctes : un positionnement relatif des modules, tout en ignorant les locations admissibles, suivi d'une assurance optimale, pour que la distorsion du positionnement relatif soit minimal.

CD 621.357.7:621.3.017

LPCVD
SOURCES LIQUIDES

Bădilă, M. et al. : Equipement pour les dépôts chimiques à partir de la phase vapeur à basse pression (LPCVD) en utilisant des sources liquides.

E.E.A. — Automatica și electronica 33, N° 1, mars 1989, p. 41

L'ouvrage présente un équipement pour les dépôts chimiques à partir de la phase vapeur à basse pression (LPCVD) en utilisant des sources liquides pour la déposition de couches minces diélectriques ou conductives avec application dans le domaine de la micro-électronique, réalisé à CGSIT-CE.

Revista „ELECTROTEHNICA, ELECTRONICA ȘI AUTOMATICA” (E.E.A.), organ al Ministerului Industriei Electrotehnice, apare în cadrul Institutului de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Industria Electrotehnică (I.C.P.E.) București. Articolele propuse spre publicare și cererile de abonamente se vor trimite la redacția revistei București, Calea Vic-

toriei, nr. 133, telefon 50.40.90, int. 475 și 695, plată abonamentelor făcându-se prin mandat postal pe adresa : I.C.P.E., Bd. Tudor Vladimirescu, nr. 45—47, București, cont virament nr. 301700301 BNRSR, filiala sector 5. Costul unui abonament anual pentru unități industriale și instituții, ca și pentru persoane particulare este de 120 lei; nu se fac decît abonamente integrale. Costul unui exemplar — 10 lei.

Cititorii din străinătate care doresc să se aboneze la revista E.E.A. — ELECTROTEHNICA, ELECTRONICA ȘI AUTOMATICA se pot adresa Întreprinderii „ILEXIM” — departamentul export — import presă — București — Calea Griviței nr. 64—66. P.O.B. — 2001 — Telex 01.12.26



Tiparul :
Întreprinderea Poligrafică „Informația”
București, str. Brezoianu nr. 23—25, cd. 1001

ELECTROTEHNICA, ELECTRONICA ȘI AUTOMATICA

ORGAN AL MINISTERULUI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

Automatica și electronica nr. 1

Conferința anuală de semiconductoare (CAS) Ediția a 11-a (1988)

CONFERINȚA ANUALĂ
DE SEMICONDUCTOARE

CAS '88



EDIȚIA 11-a

Ediția a 11-a a Conferinței Anuale de Semiconductoare (CAS-1988), organizată de Consiliul Inginerilor și Tehnicienilor din CCSIT-CE, s-a desfășurat între 12 și 15 octombrie la Sinaia.

Pe linia ascendentă calitativ și cantitativ (număr de lucrări — fig. 1) din ultimii ani, ediția CAS-88

se înscrie, ca anvergură și tematică, în rândul celor mai importante manifestări științifice naționale. Un rol determinant pe această linie l-a avut faptul că, începând din acest an, Conferința se desfășoară sub egida Academiei Republicii Socialiste România — Secția Științe Tehnice și este inclusă în planul manifestărilor științifice interne al Consiliului Național al Inginerilor și Tehnicienilor (CNIT).

Ediția CAS-1988 s-a bucurat de participarea extraordinară a academicianului Radu Voinea, președintele Academiei Republicii Socialiste România, precum și a unor oaspeți de prestigiu cum sînt: prof. dr. doc. Mihai Drăgănescu, membru corespondent al Academiei RSR (președinte de onoare al Comitetului de Organizare

a CAS), prof. dr. ing. Adelaida Mateescu, prorector IPB, prof. dr. ing. George Rulea, decanul Facultății de Electronică și Tc. din IPB, prof. dr. doc. Radu Grigorovici, membru corespondent al Academiei RSR (coordonatorul secțiunii de „Fizica semiconductoarelor”), prof. dr. doc. Andrei Țugulea (IPB), prof. dr. ing. Ioan Teodorescu (IPB), prof. dr. George Moisil (IPB), prof. dr. ing. Vasile Cătuneanu (IPB), prof. dr. Ion Munteanu (Universitatea din București).

Participarea la ediția a 11-a CAS a fost amplă: 406 participanți, de la 56 instituții din București și provincie, ponderea cea mai mare de participare avînd-o unitățile din Platforma Băneasa (CCSIT-CE, IPRS, Microelectronica), Platforma Măgurele (IFTM, IFTAR, IFIN, ICEFIZ, Universitatea București — Facultatea de Fizică) și Institutul Politehnic București.

Programul conferinței

CAS 1988 a înregistrat un număr mare de lucrări primite: 187. După selecția lor riguroasă, în 5 subcomitete de profil, s-au reținut 128 lucrări, din care 65 au reprezentat CCSIT-Componente Electronice, ponderea instituției organizatorice înscriindu-se în continuare pe o curbă crescătoare (fig. 1).

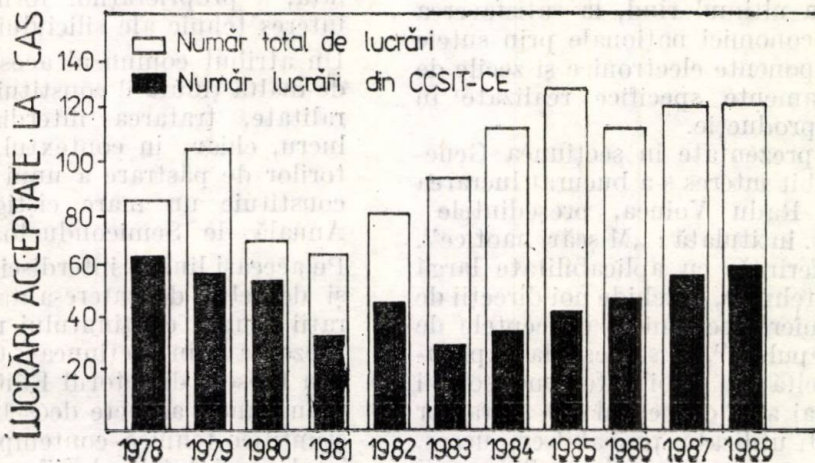


Fig. 1

Programul conferinței a cuprins o secțiune „GENERALĂ” (5 lucrări invitate) și 18 secțiuni curente (10 cu prezentare orală și 8 cu prezentare „POSTER”). Alte 12 lucrări invitate au deschis secțiunile curente ale conferinței. Tematica secțiunilor și lista lucrărilor invitate sînt date în Anexele 1 și 2.

Lucrările conferinței s-au desfășurat în trei săli, în paralel.

În ultima zi a conferinței s-a organizat o masă rotundă.

Volumul „Lucrările CAS—1988” a cuprins cele 128 lucrări curente (575 pagini) și a fost tipărit prin multiplicare (foto-offset) într-un tiraj de 600 exemplare. Realizate într-o formă îngrijită, volumele „Lucrările CAS—1988” au fost finalizate la timp și au fost distribuite tuturor participanților la deschiderea lucrărilor CAS—88. Programul tipărit al conferinței a fost disponibil cu 3 săptămîni înaintea începerii lucrărilor și difuzat tuturor participanților potențiali. Conferința a fost bine apreciată de participanți și invitați, programul CAS—88 fiind cotel drept cel mai complex dintre toate edițiile conferinței.

Secțiunile de comunicări

Lucrările CAS—1988 au început în dimineața zilei de 12 octombrie cu secțiunea „GENERALĂ” cuprinzînd 5 din cele 17 lucrări invitate. Secțiunea „GENERALĂ” a fost precedată de un „Cuvînt de deschidere”: „Două decenii de activitate științifică și economică la ICCE-Băneasa” prezentat de ing. Lucian Gălățeanu președintele Consiliului Științific din CCSIT-CE. Lucrarea a prezentat principalele acumulări cantitative și salturile calitative realizate în institut de la înființare și pînă în prezent, subliniind aportul cercetărilor noastre la realizarea de tehnologii și produse noi, la formarea unor cadre de specialitate necesare dezvoltării microelectronicii românești, la formarea unei școli de microelectronică în România și, în sfîrșit, dar nu în ultimul rînd, la satisfacerea unor nevoi ale economiei naționale prin sutele de tipuri de componente electronice și zecile de tipuri de echipamente specifice realizate în secțiile de microproducție.

Dintre lucrările prezentate în secțiunea Generală, de un deosebit interes s-a bucurat lucrarea academicianului Radu Voinea, președintele Academiei R.S.R. intitulată: „Mișcări haotice”. Lucrarea, de referință, cu aplicabilitate largă în toate științele tehnice, deschide noi direcții de cercetare și în microelectronică, conceptele de „atractor” și „repulsor”, ce servesc la explicarea unor periodicități în stabilitatea unor soluții numerice, dar mai ales conceptul de „atractor straniu” putînd fi utilizate, probabil cu succes, în explicarea unor fenomene aleatorii proprii comportării dispozitivelor semiconductoare sau,

de ce nu, în înțelegerea cauzelor instabilităților tehnologice, de la lot la lot, în fabricația semiconductoarelor, problemă științifică și economică majoră în domeniul microelectronicii. De un caracter la fel de general, cu implicații profunde în înțelegerea dualității discret-continuu a materiei, lucrarea profesorului Mihai Drăgănescu, membru corespondent al Academiei RSR, președintele de onoare al Comitetului de Organizare al Conferinței, intitulată: „O fizică bazată pe informație: puncte comparative de vedere”, a trezit un interes deosebit în rîndurile auditoriului. Conceptele de „informație”, „informație structurală” și „informație fenomenologică”, relațiile dintre acestea, au constituit elemente de noutate menite să contribuie la înțelegerea mai profundă a noțiunii clasice de informație cu care specialiștii în microelectronică lucrează curent. În concepția lucrării, informația, sub cele două forme mai sus amintite, poate sta la baza explicării legilor fizicii și anume a unei fizici bazate pe informație.

O altă lucrare care a atras în mod deosebit atenția participanților a fost: „Structura electronică a siliciului și legătura chimică” prezentată de profesorul Radu Grigorovici, membru corespondent al Academiei RSR. Autorul generalizează concepția curentă în cristalo-chimie, dar nefolosită în fizica corpurilor solide, că orice modificare de structură în semiconductoarele elementare duce la o creștere a energiei de rețea datorită modificării prin hibridizare a naturii legăturii chimice. În cazul particular al siliciului este vorba de hibridizări $s-p-d$.

Dezvoltarea cantitativă a acestei idei permite calcularea, în acord cu datele experimentale, printre altele, a constantelor elastice, a spectrului fononic și a celui electronic al benzii de valență la siliciu cu rețea de tip diamant, folosind un singur parametru adaptat și anume, energia de promovare a electronului pe orbitalii d . Lucrarea deschide perspective noi în descrierea și înțelegerea fenomenelor de suprafață, a proprietăților formelor metastabile de interes tehnic ale siliciului.

Un atribut comun al acestor lucrări științifice de înaltă ținută îl constituie gradul lor de generalitate, tratarea interdisciplinară. Și acest lucru, chiar în contextul strădaniei organizatorilor de păstrare a unui profil clar și limitat constituie un mare cîștig pentru Conferința Anuală de Semiconductoare.

Pe aceeași linie a interdisciplinarității s-a plasat și deosebit de interesanta lucrare: „Considerații asupra conținutului noii ere tehnologice” prezentată în secțiunea „Generală” de inginer Ion Iliescu, directorul Editurii Tehnice. Identificînd unele aspecte deosebite pe care revoluția științifico-tehnică contemporană le-a imprimat în domeniul tehnologiilor, autorul arată că o consecință fundamentală a trăsăturilor noi

ere în care intrăm este necesitatea unei cotituri radicale în gândirea economică şi inginerescă, în sensul trecerii de la preocuparea pentru aspectele cantitative ale producţiei materiale, caracteristică dezvoltării extensive, la aspectele saltului calitativ, de optimizare a rezultatelor pe durate mari de timp şi pe întregul front al domeniilor ce concurează la realizarea produselor noii ere tehnologice de progres (produse materiale, produse informaţionale, produse spirituale). Pe această linie un rol determinant trebuie să-l aibă microelectronica. Contribuind activ la automatizarea proceselor de producţie, ea poate asigura o valorificare superioară a resurselor, poate determina eliberarea unui număr tot mai mare de oameni, de efort şi execuţie fizică şi deci o creştere a ponderii celor ocupaţi cu creaţia tehnico-ştiinţifică, inginerescă, într-un cuvânt poate conduce la creşterea potenţialului creativ al naţiunii.

În general, lucrările invitate, susţinute de unii dintre cei mai buni specialişti din învăţământ cercetare şi producţie, s-au bucurat de o largă audienţă, majoritatea fiind prezentate în deschiderea secţiunilor, subiectele abordate fiind în strinsă legătură cu specificul acestora.

În continuare, vom face o trecere în revistă a principalelor elemente de interes rezultate din comunicările curente prezentate la CAS-88. În cadrul secţiunii de „FIZICA SEMICONDUCTOARELOR” au fost prezentate lucrări despre materiale noi, precum sticle semiconductoare cu V_2O_5 sau straturi de SnO_2 policristalin, cit şi modelări fizice din sfera tehnologiei, cum sînt depunerile chimice de SiO_2 şi optica microlitografică. O lucrare cu elemente de originalitate a fost „O nouă aplicaţie a termodinamicii proceselor ireversibile: determinarea punctului de putere maximă al celulei solare cu joncţiune pn” prezentată de un colectiv din CCSIT-CE (Fl. Căldăraru, M. Căldăraru, D. Nicolaescu, Şt. Vasile).

Domeniului „TEHNOLOGIE” i-au fost consacrate 4 secţiuni. În cadrul secţiunii de „TEHNOLOGIE DE DISPOZITIVE”, s-au remarcat lucrările cu privire la realizarea unor dispozitive de putere: diode rapide, tiristoare rapide şi tranzistoare Darlington cu tranzistor de extracţie a sarcinii. Secţiunea de „PROCESE” a prezentat trei lucrări cu privire la pretenţiosul şi rafinatul proces de ghetare, dintre care se remarcă prin originalitate lucrarea „Gheter prin segregare” elaborată de un colectiv din CCSIT-CE (D. Sachelarie, R. Ungureanu, A. Bădoiu, M. Stoica). O altă lucrare interesantă prezentată în această secţiune s-a referit la studiul vitezei de corodare a oxidului termic, lucrare aşteptată cu mare interes de proiectanţii de dispozitive discrete. În cadrul secţiunii de „TEHNOLOGIE MOS” s-au remar-

cat două comunicări privind produse reprezentative ale Întreprinderii Microelectronica şi anume microprocesorul MMN 80 şi memoria RAM dinamică de 16 Kbiţi MMN 4116. La aceeaşi secţiune o echipă „mixtă” din „Platforma Siliciului” (CCSIT-CE, Microelectronica şi IPRS) a prezentat posibilitatea abordării litografiei de $1\ \mu m$ prin schimbarea polarităţii rezistului pozitiv, lucrare cu largi posibilităţi de aplicare în platformă. În sfîrşit, în ultima secţiune de tehnologie („POSTER”), am remarcat, pentru originalitate lucrarea: „Studiul contactelor chimice nichel (dopat cu bor) — siliciu depuse chimic la tranzistoarele home-taxiale de putere” elaborată de un colectiv de la IPRS-Băneasa (L. Nedeleşcu, M. Rădulescu, A. Oanea, T. Dunca, D. Sdrulla).

Secţiunea de „DISPOZITIVE DISCRETE” a prezentat mai multe lucrări interesante dintre care se remarcă în primul rînd „Tranzistor cu inducţie statică în tehnologie planară” elaborată de A. Rusu — IPB şi C. Postolache — CCSIT-CE.

Un colectiv din CCSIT-CE (M. Bădilă, D. Lungu, E. Păun, V. Simion, R. Mazilu) a prezentat realizarea într-o tehnologie modernă (poartă autoaliniaţă, implantare ionică, difuzie de oxizi dopaţi) un tranzistor MOS de comutaţie, tip BSV-81.

În secţiunea de „OPTOELECTRONICĂ” au fost prezentate o serie de direcţii care urmează să determine un salt calitativ în domeniu: fotodetector de viteză pentru comunicaţii optice, matrice optoelectronice pentru detectarea imaginilor de difracţie şi diode laser cu distribuţie unghiulară îngustă.

În cadrul secţiunii de „TRADUCTOARE CU SEMICONDUCTOARE” au fost prezentate lucrări cu privire la traductoarele Hall şi traductoarele de presiune, remarcîndu-se lucrarea: „Studiu asupra nelinearităţii senzorului piezorezistiv de presiune cu siliciu” elaborată de I. Pavelescu — CCSIT-CE şi M. Muntean — IEA-Aerofina.

Lucrările din secţiunea „FIABILITATE/PROBLEME DE MATERIAL” dovedesc încă o dată caracterul multidisciplinar al domeniului. Rezultatele prezentate anul acesta se referă la tehnologii recente MOS şi bipolare, cu precădere la procesele de metalizare, remarcîndu-se comunicarea: „Evaluarea energiilor de activare pentru mecanismele de defectare apărute la nivelul metalizării circuitelor integrate şi tranzistoarelor de radiofrecvenţă” elaborată de un colectiv din CCSIT-CE (A. Stoica, R. Plugaru, M. Drăgan, M. Băzu, L. Gălăţeanu, V. Iliaş). Cele 2 secţiuni de „CIRCUITE INTEGRATE” au fost gazde a 15 lucrări care au prezentat ultimele realizări în domeniu din „Platforma Siliciului” în tehnologii clasice dar şi în variante BiFET sau BiMOS. Putem remarca lucrările: „Cip test pentru tehnologiile CMOS cu

poartă de polisiliciu” autor C. Gingu — I. Microelectronica și „ROB 8080, circuit integrat triplu driver pentru comanda și protecția tranzistoarelor $p-n-p$ de putere” elaborată de un colectiv din CCSIT—CE (D. Șerbănescu, R. Iliescu, O. Neagoe, E. Mihăilescu).

Secțiunea „PROIECTARE ASISTATĂ DE CALCULATOR” a prezentat programe evaluate dintre care se remarcă compilatorul SLIM pentru proiectarea structurală a circuitelor cu rețele logice programabile, lucrare prezentată de prof. M. Petrescu — IPB, S. Blebea — IEPS și D. Păunică — CPB. Lucrările: „Program de plasare inițială constructivă destinat CI semiprocesate” autori F. Bălașa și R. Vlădescu — CCSIT—CE și „PG—Pachet de programe de post-procesare a layout-ului” elaborată de un colectiv de la Microelectronica (A. Naș, C. Popescu, M. Liță, H. Profeta) se dovedesc de o reală utilitate în activitatea de proiectare a circuitelor integrate. Secțiunea de „MODELARE” a avut un spectru larg prezentând modelări de dispozitiv, de procese și, în premieră, chiar de estimare a randamentului de fabricație structuri. Dintre lucrările de largă audiență remarcăm: „Influența interfetei asupra caracteristicilor electrice la diodele Schottky cu siliciuri” autori G. Brezeanu — IPB și P. Al. Dan — IPRS-Băneasa, „Charge Dynamics in Heterostructure Capacitors and their Influence on the I—V and C—V Characteristics of Field Effect Transistors” prezentată de S. Voinigescu — CCSIT—CE și „Assessment of the Impurity Redistribution in Silicon During Post-Oxidation Annealing” autori Șt. Vasile și Fl. Găiseanu de la CCSIT—CE.

Secțiunea de „MICROUNDE” — anul acesta în variantă „POSTER” a reunit o paletă largă de lucrări cu privire la materiale, dispozitive și circuite. O mențiune specială merită lucrarea „Diode de microunde cu barieră Schottky pe GaAs” elaborată de un colectiv din CCSIT—CE (A. Müller, S. Voinigescu, C. Podaru, I. Kleps, M. Drăgan) care prezintă o tehnologie simplă, originală, confirmată de rezultatele experimentale.

„ECHIPAMENTELE TEHNOLOGICE” — aflate pentru a doua oară în secțiune distinctă — reflectă preocupările și eforturile specialiștilor noștri de a realiza echipamente tehnologice specifice. Se remarcă realizările raportate în lucrarea „Echipament de depuneri chimice din faza de vapori la joasă presiune (LPCVD) utilizând surse lichide” elaborată de un colectiv din CCSIT—CE (M. Bădilă, C. Orfescu, V. Stama, V. Păun, R. Zechiu, M. Dargate) realizare de prestigiu cu aplicabilitate în producția imediată, precum și cele din lucrarea „Certificarea parametrilor de camere curate” elaborată de V. Pârva și I. Cireș din CCSIT—CE, lucrare ce se înscrie în eforturile realizate în țară a com-

plexelor de camere albe ultracurate. S-au raportat, de asemenea, lucrări cu privire la echipamente din sfera curățării și sudurii cu ultrasunete și la echipamente pentru prelucrarea plachetelor de siliciu.

Secțiunea de „TESTARE” a prezentat lucrări interesante cu privire la metode și echipamente din acest sector important al fluxului de realizare al componentelor microelectronice. Dintre lucrările prezentate remarcăm pentru originalitate comunicarea „Testarea circuitelor audio prin metoda eșantionării. Aplicație: testarea circuitului TDA 2030” prezentată de A. Năstase și G. Tănase de la IPRS-Băneasa. Secțiunea de „APLICAȚII”, în care s-au prezentat 10 comunicări în sistemul „POSTER”, a prezentat lucrări diferite caracterizate de un obiectiv comun și anume tendința de a ține pasul cu noile circuite integrate intrate în fabricație sau cu perspectivă imediată de asimilare. Deosebit interes a suscitat lucrarea „Implicații ale autocalibrării” prezentată de I. Constantinescu — ICSITE.

În sfârșit, ultima secțiune — „POSTER GENERAL” — a cuprins un număr de 14 comunicări cu profil diferit din rîndul cărora nu au lipsit lucrările valoroase cum a fost „Surse neradiative de zgomot FLICKER în tranzistorul bipolar” prezentată de M. Mihăilă de la CCSIT—CE.

Masa rotundă

În încheierea lucrărilor conferinței a avut loc masa rotundă: „Metode de asigurare a calității în tehnologia componentelor semiconductoare” avîndu-l ca moderator pe ing. Lucian Gălățeanu din CCSIT-Componente Electronice.

Problemă esențială pe planul ridicării calitative a întregii activități din domeniul microelectronicii, tematica mesei rotunde a fost jalonată de patru expuneri invitate susținute de prof. dr. ing. Vasile Cătuneanu, ing. Julien Bratu (CIETC), ing. S. Grigorescu (IPRS-Băneasa), ing. Marius Băzu (CCSIT—CE). Intervențiile au prezentat metode de asigurare a calității, au sugerat căi și soluții de urmat în viitor, au punctat unele dificultăți întimpinate în implementarea sistemului de asigurare a calității în unitățile industriale.

Au urmat discuții la care au participat numeroși specialiști din „Platforma Siliciului”, dar și invitați din exterior: ing. Gheorghe Cheregi și ing. Corneliu Cațichi (de la Inspectoratul General de Stat) și ing. E. Constantinescu (Institutul Român de Standardizare).

Aspecte organizatorice

De o deosebită importanță în desfășurarea unei conferințe este întreținerea unei ambianțe științifice și organizatorice adecvate, care să asigure derularea eficientă a întregului program pe întreaga durată a conferinței.

Activitatea organizatorică CAS—88, a beneficiat și anul acesta de coordonarea competentă, de sprijinul și încurajarea președintelui Comitetului de Organizare dr. ing. Ioan Bătrâna, a coordonatorilor Programului Științific dr. ing. Dănuț Olteanu (CCSIT—CE) și dr. ing. Adrian Rusu (IPB) și a organizatorilor secțiunilor „POSTER” ing. Mircea Bodea (IPB), ing. Florin Crăciunoiu și ing. Eugen Vasile (CCSIT—CE).

Coordonatorii principali (tehnic: ing. Sergiu Iordănescu — CCSIT—CE, economic: ec. Florica Virlan — CCSIT—CE, relații/publicitate: ing. Andrea Cosmin — CCSIT—CE și dr. ing. Gheorghe Brezeanu — IPB; asistență tehnică: ing. C. Tuduciu — CCSIT—CE) au reușit să finalizeze cu mult succes activități dificile ca: amenajarea sălilor de conferință, asistența tehnică pentru susținerea lucrărilor, cazarea participanților, distribuirea materialelor Conferinței ș.a.

Momentul aniversar de împlinire a 20 de ani de la înființarea centrului de cercetări al platformei Băneasa a fost ilustrat de-a lungul conferinței prin expozițiile organizate de CCSIT—Componente Electronice, cuprinzând exponate, pliante, panouri reprezentative pentru activitatea desfășurată de CCSIT—CE în acești 20 de ani de existență (expoziție realizată de ing. C. Gorunescu, CCSIT—CE).

Expoziția de articole CAS, publicate și în străinătate, în perioada 1986—1988, realizată de ing. Marian Bădilă (CCSIT—CE) și dr. ing. Gheorghe Brezeanu (IPB), a fost intens frecventată de către participanți și invitați.

Materialele tipografice CAS au fost realizate într-o formă îngrijită cu concursul editorului ing. Anca Rusu, ing. Andrea Cosmin („cap limpede”), Radu Lupu (grafică), din CCSIT—CE.

Colectivul de propagandă vizuală, condus de ing. Florin Roiu, a fost foarte bine apreciat și anul acesta pentru aparițiile zilnice ale Gazetelor CAS (realizatori ing. Florin Roiu — CCSIT—CE, ing. Silviu Puchianu — IPRS, ing. Mihai Voiculescu — DRTV și ing. Doru Pote-

cea — ITC) și pentru expozițiile foto CAS (N. Pisică și ing. N. Lăzărescu — CCSIT—CE). Secretariatul CAS (Silvia Milca, Elena Feșteu, Gabriela Nastu și Mihaela Ioniță) a funcționat permanent, înregistrând aprecieri superlative pentru activitatea ireproșabilă.

Desfășurarea lucrărilor CAS—88 a fost coordonată și în acest an de organizatorul conferinței ing. Doina Vancu.

Concluzii

CAS—1988 s-a desfășurat în condiții foarte bune, reușind să finalizeze toate obiectivele științifice, tehnice și organizatorice propuse. Având în vedere acest lucru și ținând cont de aprecierile invitaților și participanților putem considera deplin reușită și această ediție a Conferinței Anuale de Semiconductoare.

În afara numărului și a calității lucrărilor prezentate, a importanței acestora pentru dezvoltarea microelectronicii românești, dorim să subliniem importanța Conferinței și pe planul formării cadrelor de specialiști în domeniu. Calitatea prezentărilor, faptul că toate lucrările au fost publicate în volum și distribuite participanților constituie un ajutor prețios pentru formarea ca specialiști a tinerilor, fiind un mijloc de informare și documentare la zi pentru cei 406 participanți, dintre care mulți tineri. Ca și la celelalte ediții, la CAS 1988 au fost premiate cele mai valoroase lucrări prezentate la ediția anterioară, pe baza criteriilor originalității, interesului tehnic și calității de prezentare (Anexa 3).

Numărul de față al revistei, prin tradiție număr festiv consacrat CAS, publică o selecție a lucrărilor invitate, și a celor mai bune lucrări curente susținute la actuala ediție.

Comitetul de organizare CAS — 1989 folosește acest prilej pentru a adresa din timp cititorilor „Chemarea pentru lucrări” la CAS—1989, ediția a 12-a care va avea loc la Sinaia, între 11 și 14 octombrie 1989.

Organizator CAS — 1988
ing. Doina Vancu

ANEXA 1

TEMATICA SECȚIUNILOR LA CAS-1988

1. GENERALĂ
2. Fizica semiconductoarelor
3. Tehnologie 1 (Dispozitive)
4. Tehnologie 2 (Procese)
5. Tehnologie 3 (MOS)
6. Tehnologie 4 (POSTER)
7. Dispozitive discrete
8. Optoelectronică (POSTER)
9. Traductoare cu semiconductoare
10. Fiabilitate/Probleme de material

11. Circuite integrate 1
12. Circuite integrate 2 (POSTER)
13. Proiectare asistată de calculator (CAD) — POSTER
14. Modelare
15. Microunde (POSTER)
16. Echipamente tehnologice (POSTER)
17. Testare
18. Aplicații (POSTER)
19. POSTER GENERAL

ANEXA 2

LISTA LUCRĂRILOR INVITATE LA CAS-1988

1. „Două decenii de activitate științifică și economică la ICCE-Băneasa”, ing. L. Gălățeanu și colectiv din CCSIT-CE
2. „Mișcări haotice”, acad. R. Voinea, Președintele Academiei R. S. România
3. „O fizică bazată pe informație : puncte comparative de vedere”, prof. dr. doc. M. Drăgănescu, membru corespondent al Academiei R. S. România
4. „Circuite integrate pentru telecomunicații. Necesități și dorințe”, prof. dr. ing. A. Mateescu, prorector IPB
5. „Considerații asupra conținutului noii ere tehnologice”, ing. I. Iliescu, directorul Editurii Tehnice
6. „Teoria cuantică a gazului electronic bidimensional; aplicații la dispozitive electronice”, prof. dr. ing. I. M. Popescu, IPB
7. „Structura electronică a siliciului și legătura chimică”, prof. dr. R. Grigorovici, IFTM, membru corespondent al Academiei RSR.
8. „Asupra integrării ecuațiilor canalului electrodifuziv staționar”, prof. dr. doc. A. Timotin, ing. S. Moise, IPB
9. „Asupra modelului teoretic al regimului de dezechilibru al capacitorului MOS pulsant și tehnicile de măsură a parametrilor de generare în semiconductori”, ing. Gh. Grădinaru, CCSIT-CE
10. „Progrese și perspective în tehnologia MOSLSI”, dr. ing. R. Bârsan, Microelectronica
11. „Domeniul KA și KV — Prezentul și perspectivele dispozitivelor semiconductoare de redresare și comutare”, dr. ing. P. Al. Dan, ing. G. Mânduțeanu, IPRS
12. „Principiile fizice ale funcționării dispozitivelor semiconductoare pentru conversia mărimilor neelectrice în mărimi electrice”, dr. I. Munteanu, Univ. București, dr. S. Nan CCSIT-CE, dr. B. Logofătu, Univ. București, ing. A. Hanganu, CCSIT-CE
13. „Un salt calitativ în asigurarea fiabilității componentelor semiconductoare”, ing. L. Gălățeanu, ing. M. Băzu, CCSIT-CE
14. „Contaminarea cu particule-factor limitativ în fabricarea circuitelor integrate”, dr. ing. D. Olteanu, CCSIT-CE
15. „O încercare de generalizare a teoriei efectului Schottky”, prof. dr. doc. A. Țugulea, IPB
16. „Zgomotul în dispozitive semiconductoare pentru microunde”, prof. dr. ing. G. Rulea, IPB
17. „Tehnologia testării CI-LSI. Probleme și soluții”, dr. ing. Șt. Gozner, CCSIT-CE, ing. G. Voicu, Microelectronica

Lista lucrărilor prezentate la CAS 1987 care au fost premiate pentru originalitate, interes tehnic și calitatea prezentării (în ordinea secțiunilor din program)

1. A STUDY OF QUANTUM CHARGE DISTRIBUTION IN MODULATION-DOPED FIELD EFFECT TRANSISTORS, S. Voinigescu, CCSIT-CE.
2. MECANISME DE DEFECTARE ACCELERATE TERMIC ȘI ELECTRIC APĂRUTE LA FUNCȚIONAREA COMPONENTELOR SEMICONDUCTOARE, M. Băzu, L. Gălățeanu, M. Drăgan, R. Plugaru, R. Florescu, A. Steica, E. Iancu, CCSIT-CE
3. TRANZISTOARE DE PUTERE EPIBAZĂ CU TERMINAȚIE PLANARĂ, T. Dunca, G. Bănoiu, S. Georgescu, I. Ghiță, IPRS
4. EFECTUL TEMPERATURII ASUPRA RĂSPUNSULUI SPECTRAL AL FOTODIODELOR REALIZATE PE SILICIU, E. Budianu, M. Purica, CCSIT-CE
5. TRATAMENTE DE GETTERARE INTRINSECĂ ÎN PROCESAREA CIRCUITELOR INTEGRATE BIPOLARE, A. Veron, IPRS, R. Zamfir, IPB, A. Oanea, IPRS, M. Botea, E. Blidaru, ICPMS, A. Brădeanu, M. Stanciu, IPRS
6. CINETICA DE CREȘTERE A OXIZILOR PE POLISILICIU, R. Băntoiu, V. Avramescu, CCSIT-CE
7. REȚEA LOGICĂ NECONECTATĂ RN 2000, C. A. Popescu, O. Neagoe, CCSIT-CE
8. MASCĂ TEST PENTRU PRODUCȚIA DE CIRCUITE INTEGRATE, S. Negru, A. Daneliuc, IPRS
9. REGULATOR DE PUTERE HIBRID, MONTAT ÎN TEHNOLOGIE SM, A. Albu, E. Romanescu, M. Romanescu, IPRS, N. Dumbrăvescu, CCSIT-CE
10. HIPERS — PROGRAM DE ANALIZĂ ÎN CURENT CONTINUU A CIRCUITELOR INTEGRATE BIPOLARE, E. Lambrache, IIRUC, N. Marinescu, IPRS
11. ASUPRA CURENTULUI MAXIM ÎN TRANZISTOARELE CU INDUCȚIE STATICĂ, A. Rusu, IPB, C. Postolache, CCSIT-CE
12. CARACTERIZAREA STRUTURILOR SUBȚIRI PRIN RETRO-ÎMPRĂȘTIERE RUTHERFORD, E. Ivanov, D. Ploștinaru, G. Nicolescu, IFIN, A. Nichita, E. Golu, A. Iehim, IPRS
13. O NOUĂ FAMILIE DE COMPONENTE : CIRCULATORI MICROSTRIP PENTRU TEHNICA MONTAJULUI PE SUPRAFAȚĂ, M. Cătoiu, Gh. Sajin, CCSIT-CE, G. Cătoiu, ICSITE
14. INSTALAȚIE AUTOMATĂ DE TOPOGRAFIE CU RAZE X PENTRU CARACTERIZAREA MATERIALELOR SEMICONDUCTOARE, Al. Stoica, Șt. Todireanu, IFTM, M. Stoica, D. Sachelarie, CCSIT-CE
15. SISTEM DE DEZVOLTARE PENTRU APLICAȚII CU MICROPROCESORUL 8086, A. Olariu, C. Rusu-Trișcă, F. Roiu, CCSIT-CE
16. DETERMINAREA ABATERILOR DE SUPERPOZIȚIE ÎN MICROLITOGRAFIE, G. Drăgan, M. Dușa, M. Olariu CCSIT-CE
G. Bănoiu, IPRS

CZ 681.537.1

MATERIE PROFUNDĂ
CONTINUU ȘI DISCRET
INFORMAȚIE FENOMENOLOGICĂ ȘI STRUCTURALĂ

O fizică bazată pe informație: puncte comparative de vedere

MIHAI DRĂGĂNESCU* — BUCUREȘTI

1. Prezenta comunicare este datorită unui articol [1] publicat de John Archibald Wheeler [2] în ianuarie 1988 („World as system selfsynthesized by quantum networking”).

Articolul amintit este interesant, contradictoriu, paradoxal. Punctul de plecare pentru considerațiile noastre îl constituie următoarea afirmație a lui Wheeler :

„Noi vedem zorile unei noi ere, a treia, a fizicii :

Era a I-ia — Mișcare fără a se explica mișcarea : parabola lui Galileo și elipsa lui Kepler.

Era a II-a — Lege fără nici o explicare a legii : legile mișcării ale lui Newton, electrodinamica lui Maxwell, geometrodinamica lui Einstein, cromodinamica modernă, teoria marii unificări a câmpului și teoria corzilor.

Era a III-a — Fizica bazată pe informație”.

Cu aceste afirmații, rupte deocamdată din contextul articolului respectiv, nu putem fi decît, în foarte mare măsură, de acord. Într-adevăr, fizica nu și-a pus problema și nu a căutat să cerceteze cum anume se formează înseși legile universului, iar dacă dorim să ajungem aici, din citatul de mai sus ar rezulta că trebuie să recurgem la o fizică bazată pe informație. Dacă era a II-a este a „legii fără nici o explicație a legii” ce poate fi era a III-a decît o eră a *explicării legii*? Iar pentru aceasta se arată că este nevoie de recurgerea la informație. Diferența în ceea ce ne privește față de Wheeler provine de acolo că el înțelege informația din teoria informației lui Shannon, adică informația structurală bazată pe biți, pe cînd în cazul nostru, pe lîngă aceasta propunem a se ține seama și de informația fenomenologică a sensurilor și ortosensurilor [3] care se poate articula cu informația structurală, discretă, dar care oferă calități noi modelului realității, calități care ar putea atenua totemai paradoxurile pe care le constată Wheeler și despre care vom aminti mai jos.

În esență din punct de vedere ortofizic, era a III-a a fizicii se va baza pe informația structurală și informația fenomenologică, dar și pe o materie profundă din care totul provine.

Informația fenomenologică nu este posibilă fără o formă specială a materiei în care ea să se

manifeste. Am numit-o *informaterie*. Principiul autoconsistenței materiei este acela care conduce, în fața fenomenelor de sens fenomenologic, la afirmarea existenței informateriei [4]. În lumina acestui principiu, existența sensurilor mentale este dovada indirectă, dar suficientă a existenței informateriei. Cum informateria trebuie să fie un principiu primar, ea trebuie să fie materie profundă, dar nu singura formă a acestei materii pentru a putea explica formarea tuturor substanțelor și informațiilor ca și a unui univers din materia profundă.

Pentru Wheeler, lumea este un sistem *autosintetizat*, ceea ce ar putea însemna *autoconsistent*, dar vom constata că nu este chiar așa. Wheeler consideră patru „chei” ale unei asemenea afirmații, plus „suspiciunea” că fundamentul fizicii este cuanticul, că lumea este un sistem *autosintetizat*” [5].

Din punctul nostru de vedere, a te plasa la nivelul cuanticului ca nivel ultim, neglijînd o *realitate fizică mai profundă*, despre care au vorbit prin justificate argumentări și intuiții Florian Nicolau și David Bohm [8—10], susținută cu multiple argumentări în filosofia ortofizicii, înseamnă a te plasa la limita generării unor paradoxuri a căror soluționare nu poate să ducă decît la conceperea unei materii profunde din care se generează lumea cuantică, spațiul, timpul și universurile.

Dar să urmărim „cheile” luate în considerație de Wheeler.

2. Prima este aceea a *continuului*, mai bine spus a inexistenței continuului :

„Nici un continuu. Logica matematică modernă neagă existența continuului convențional al numerelor. Fizica nu face altceva decît să confirme. Nu se oferă nici o cale naturală de a se proceda altfel decît să bazăm totul pe fenomene cuantice elementare, împreună cu caracterul lor da-nu informațional-teoretic (adică bazat pe actuala teorie a informației, n.ns.M.D).

Pe scurt, continuul fizic, și cu el toată frumoasa mașinărie a fizicii, este mit, idealizare. Existența, ceea ce numim realitate, se bazează pe discret” [11].

Dar *imediat* recunoaște paradoxul :

„*Nedumerirea (puzzle) numărul unu* : Dacă lumea este bazată pe discret, de ce descrierea ei de fiecare zi trebuie să se bazeze pe continuu”? [12].

Într-adevăr, de ce? Din momentul în care afirmi că fundamentul fizicii este cuanticul, înțelegîndu-l strict discret, atunci nu mai rămîne

* Institutul Politehnic — București.

loc pentru continuu, dar acesta se încăpăținează să reapară pentru că el reflectă o realitate fizică rezultând din caracterul materiei profunde. Secretul lumii nu se găsește la nivel cuantic, ci la nivel subcuantic. De altfel, realitatea în întregime ei, nu numai realitatea fizică, ci și aceea mentală, socială, culturală și, în general, viața nu se pot explica numai prin discret, prin *atomic* cum se spunea înainte [13]. Materialismul atomist, pe planul general al gândirii, nu are ieșire, nu poate explica lumea, lucru știut încă din secolul trecut [14], fapt care rămâne valabil și astăzi. *Discretul singur* nu poate fi fundamentul fizicii. *Relația dintre continuu și discret* trebuie în continuare să ne preocupe, cum anume se produce trecerea de la continuul specific al materiei profunde la discretul cuantic și cum anume revine continuul în viața noastră de toate zilele, dar și în multe din teoriile noastre științifice. Teoria noastră, de principiu, filosofică, este aceea că din fondul unui continuu specific al materiei profunde, care nu este încă spațial, se nasc organizări, elementele acestei organizări devenind cuante, inclusiv cuante de spațiu, reflectând și ascunzând, în același timp, continuul primar. Cum însă orice organism viu (și mintea omului) cuprinde direct, în mod inevitabil componenta informaterială a materiei profunde, se reajunge la continuul materiei profunde. Acesta reapare atunci direct în comportamentul unor *ansambluri cuantice vii*, conferindu-le caracter de corp, iar ele sînt obligate să se demarce de alte corpuri și să constate continuul macroscopic. *Continuul este mai profund decît discretul, dar trebuie să facem o deosebire între continuul profund și continuul macroscopic*, ultimul fiind o consecință a primului. Credem că în fizică trebuie să se facă distincție între aceste două continuuri. Contradicția dintre continuul macroscopic și discretul cuantic ar putea fi înțeleasă și explicată prin luarea în considerație a continuului profund. Între cele două continuuri există deosebiri de esență: cel macroscopic este spațial (rezultat ca integrare a spațiului cuantic prin continuul profund din ființele vii); cel profund este nespațial, dar sursă fizică a tuturor cuantelor unui univers, inclusiv a celor de spațiu. Organizarea continuului profund se face prin informație fenomenologică, dar asupra rolului informației vom reveni.

3. O altă „cheie” a lui Wheeler este *austeritatea*. Este a treia în ordinea descrisă de el, noi preferînd ca pe cea de a doua s-o examinăm la urmă.

Ce înseamnă austeritatea? Wheeler spune: „Nu există nici o mare teorie a cîmpului, nici electrodinamica, geometrodinamica, cromodinamica, nici teoria corzilor, care să nu se bazeze pe identitatea matematică, faptul trivial, tautologia logică: limita unei limite este zero. În acest sens aproape întreaga mașinărie a

fizicii este construită pe aproape nici o mașinărie. Această circumstanță ne invită să credem că întreaga fizică este construită pe absolut nici o mașinărie; că existența operează pe principiul unei totale austerități” [15].

Austeritatea, putem remarca, poate fi un cuvînt pentru nimic: „dacă în gravitație și alte mari teorii ale cîmpului putem deriva atît de mult din atît de puțin, de ce nu am completa și restul drumului și să obținem orice din nimic?” [16].

Într-adevăr, un model ontologic al existenței fără materie profundă conduce astăzi la ideea că universul provine din nimic.

Legile universului apar la nașterea lui, iar nașterea universului este considerată astăzi un fapt fizic sigur. Dar din ce s-a născut acest univers? Din altceva? Din nimic? Dacă nu se concepe un altceva material, cum ar fi materia profundă, atunci exceptînd soluțiile idealiste și spiritualiste, nu mai rămîne decît nimicul, sau austeritatea totală cum spune Wheeler. Dar este posibil în fizică să provină ceva decît din altceva?

Legile care apar în momentul big-bang-ului, remarcă Wheeler, nu provin dintr-un plan preexistent, ele se datoresc șansei oarbe [17].

Wheeler constată că totuși nu poate fi vorba de o austeritate totală. Ceva trebuie să ofere terenul șansei oarbe: „Numai un principiu de organizare care nu este de loc organizare pare să se ofere singur” [18].

David Bohm vorbea de existența în stratul subcuantic a unei ordini implicate, guvernată de o ordine supraimplicată. De asemenea de rolul unor evenimente cu adevărat întîmplătoare în acest substrat. Se poate spune că și la David Bohm există un principiu de organizare care nu este organizare, acela al ordinii supraimplicate, bazată pe senzori și care generează, prin procese fizice întîmplătoare ordinea implicată a unui univers. Nici vorbă de austeritate totală, deși ordinea supraimplicată poate fi destul de austeră în principii primordiale.

În ortofizică, la fel, materia profundă este destul de austeră avînd un număr minim de principii: informaterie și lumatie, cronos, ortosensul primordial «a exista» cu componentele sale «în sine, din sine, întru sine». Acestea sînt suficiente pentru a determina prin fluctuație fizică întîmplătoare ortosensurile unui univers care se manifestă cuantic.

Wheeler constată că există în orice mare teorie fizică un reziduu de mașinărie în raport cu universul. Ce ne mai reține față de o fizică bazată pe totală austeritate, se întrebă Wheeler? Dimensionalitatea și timpul, răspunde el. „În privința dimensionalității, aceasta nu se reduce la trei dimensiuni, ci la $m+3$ dimensiuni, extradimensiunile m găsindu-se într-un spațiu atît de mic încît nu sînt susceptibile de verificare experimentală directă. Masele parti-

culelor apar ca niște rezonanțe de corzi vibrante în asemenea microdimensiuni. Dimensionalitatea înseamnă însă continuul, iar dacă continuul nu există, atunci acesta învește ceea ce este o structură subtilă care nu are nici continuitate, nici dimensionalitate” [19], spune Wheeler, care continuă cu „Nedumerirea numărul trei: cum să se reconcilieze cererea pentru structură cu cererea pentru totală austeritate?” [20].

Am observat că în ortofizică se constată posibilitatea firească ca spațiul tridimensional să nu fie întregul spațiu al universului, fiind foarte posibil și un spațiu subiacent cu oricâte dimensiuni. Diverse universuri ar putea avea spații subiacente cu un număr diferit de dimensiuni. Generarea acestor spații este produsă de informații fenomenologice, numite ortosensuri topologice. Spațiile se nasc din continuul materiei profunde prin celulizare (cuantizare). Definirea matematică a spațiului pe o mulțime, are, în viziunea ortofizică, un conținut fizic, ontologic. De ce să ne imaginăm existența unor particule în spații continue, cînd și particulele sînt spațiu, iar spațiul poate să fie și el constituit din cuante specifice?

Dacă prin *austeritate* am înțelege principiile materiei profunde și acestea ar fi suficiente pentru apariția de structuri, și trebuie să fie pentru că structuri apar, atunci o reconciliere între „austeritate” și structură este posibilă. Materia profundă este austeră pentru că ascultă de un număr minim de principii primare, în care informația fenomenologică din această materie poate juca un rol esențial, organizînd această materie în structuri.

Nedumeririle numărul unu și trei pot fi mai puțin nedumeriri dacă se recurge la un model ortofizic al lumii, respectiv dacă se acceptă ideea unei materii profunde avînd și proprietăți informațional-fenomenologice.

4. Cheia numărul patru din considerațiile lui Wheeler se referă la timp: *lipsa temporalității* (timelessness) [21]. El consideră că dacă continuul este o iluzie, atunci timpul este un mit. Este vorba de timpul primar, care își pierde sensul ca timp la distanțe foarte mici de ordinul lungimii lui Planck ($L = 1,6 \times 10^{-33}$ cm). Sub valoarea lui L , spațiu — timpul pare să nu mai existe conform teoriilor cuantice, iar timpul încetează, conform teoriei lui Einstein, în big-bang și colapsul gravitațional. Conceptul de timp nu mai este atunci primar, ci secundar, de unde apare „nedumerirea numărul patru: cum să se derive timpul fără a presupune timpul?” [22].

În ortofizică se constată că nu este posibil a „deriva” timpul fără a presupune în materia profundă un *rudiment de timp* care nu mai este exact timp, ci cronos, un tact al schimbării, un ritm profund, în care se pot produce evenimente fără săgeata caracteristică timpului, cu un ritm

fără durată. Ceea ce spune Wheeler se potrivește destul de bine cu imaginea ortofizică, el constatînd că la ultimul strat al lucrurilor „nu există și nu poate fi un astfel de lucru ca timpul; că trebuie să ne așteptăm la un concept mai adînc care să-i ia locul. Evenimente, da. Un continuu de evenimente, nu” [23].

Evenimentele, în realitatea ultimă, au loc în ritmul cronosului, nu în timp. Au loc evenimente, de data aceasta într-un ritm discret fundamental și fără durată. Într-un fel, timpul are rădăcini mai profunde decît spațiul, deoarece scheletul lui este cronosul, pe cînd un spațiu se constituie ca urmare a unui eveniment în cronos, prin generarea prin fluctuație [24] de ortosensuri topologice. Continuitatea timpului uzual are loc, din nou, ca și în cazul continuității macroscopice a spațiului, în condițiile constituirii unei săgeți a succesiunii evenimentelor într-un univers, succesiune realizată prin durată de un organism viu introdus în informaterie. Durata conferită de organisme este o informație fenomenologică, deci *timpul* este, în versiunea ortofizică, cronos (ritm cosmic) + săgeată a evenimentelor (numită săgeata timpului) + durată. Timpul este o noțiune derivată, ca și aceea de spațiu, ca și aceea de particulă elementară sau de cuantă. Timpul are și un conținut informațional fenomenologic. Scheletul impulsului fiind cronosul, ritmul cronosului detemină, în ultimă instanță, cuante de timp. Continuul timpului se realizează din succesiunea cuantelor de timp, după cum continuitatea spațiului se realizează prin înlănțuirea cuantelor de spațiu și particulelor elementare. Spațiu-timpul teoriei relativității corespunde acestor două continuități, dar încetează imediat ce privim sub mărimea unei cuante de spațiu, respectiv a unei cuante de timp, deoarece în interiorul lor nu mai găsim spațiu sau timp. Sub asemenea dimensiuni cuantice limită se intră direct în domeniul substratului cuantic, adică al materiei profunde.

5. „Cheia” a doua, la care ne referim acum, este numită a *observatorului participant* (*observer — participancy*) [25]. Wheeler prezintă aici două idei referitoare la fenomenele cuantice elementare.

Prima este aceea prin care afirmă că „participarea observatorului este trăsătura centrală a lumii” [26]. Wheeler spune: „A întreba despre poziția unui electron [această întrebare] se găsește într-o relație complementară cu a întreba despre momentul (impulsul) lui. Dispozitivul pentru a măsura poziția și dispozitivul pentru a măsura impulsul pur și simplu nu pot fi instalate astfel încît să funcționeze în aceeași regiune în același timp. Mai mult: în lipsa uneia sau alteia dintre măsurători, nici nu avem dreptul să atribuim fie poziție sau fie viteză electronului. Nu alegem întrebarea? Nu avem nici un răspuns?” [27].

Cu alte cuvinte, impulsul și poziția electronului nu există independent de noi, spune Wheeler. Când le măsurăm devenim participanți la fenomen și de aceea participăm și la ceea ce avem dreptul să spunem, de exemplu, despre trecut. Rolul nostru, continuă Wheeler, poate fi astăzi minuscul în schema lucrurilor, dar peste miliarde de ani explozia vieții va deschide drumul pentru un rol hotărâtor pentru observatorul participant: „de a construi, în timpurile care vin ... trecutul, prezentul și viitorul nostru — adică această întreagă lume vastă” [28].

Vom remarca la Wheeler formularea unui *principiu cosmologic antropic* bazat pe observatorul participant și deosebit de principiul antropic al selecției dintr-o mulțime de universuri [29].

De unde apare însă observatorul, ne putem întreba? El apare, în viziunea de mai înainte, a fi un element care participă la lume venind oarecum din afara ei, sau în orice caz ca un ingredient primar distinct. Dacă este așa, atunci lumea nu mai pornește din austeritate, ci și din observator, iar austeritatea este total compromisă. Iar dacă ar exista un singur observator atunci s-ar cădea în solipsism. La sfârșitul articolului său, inevitabil Wheeler se întreabă: „Solipsism? Solipsism cu înțelesul din dicționar al unei teorii sau al unei viziuni că eul este singura realitate?” [30]. La care răspunde: „Nu chiar așa! (...) Nu există un cuvânt pe care să-l pronunțăm, un concept pe care să-l utilizăm, un gând pe care să-l gândim care să nu provină, direct sau indirect, din participarea noastră la o comunitate mai largă. Minte este dependentă de această comunitate ca și computerul. Un computer fără nici un program nu este computer. O minte fără nici un program nu este minte”. [31].

Să presupunem că nu există un singur eu observator și deci nici solipsism, lucru de care nu credem că se mai îndoieste cineva. Observatorul este atunci o comunitate de minți, dar știința trebuie să dea seama și de această comunitate. Dacă observatorul este o trăsătură centrală a lumii cuantice, atunci și el trebuie explicat, cu mințile lui, cu generarea de cultură, de știință și de societate. Observatorul, ca palier al lumii, se găsește de fapt la nivel microscopic, plasat direct între lumea cuantică și lumea materiei profunde dar la ieșire din lumea cuantică. Din microscopicul său el poate ajunge la lumea cuantică, pe care a înțeles-o într-o anumită măsură prin știința pe care a creat-o, dar va trebui să înțeleagă lumea cuantică privind-o și dinspre materia profundă. Atunci știința sa va fi mai apropiată de realitate.

Faptul că observatorul poate interveni în mersul lumii, chiar foarte puternic în viitor, lucrul acesta ne apare și nouă probabil, deoarece el va ajunge să cunoască mai bine materia profundă, adică zona unde se constituie legile

unui univers și ar putea acționa și aici. Principiul antropic ar putea lua atunci forma unei a treia versiuni aceea a *succesiunii universurilor* [32]. Un univers ar putea fi succesorul unui alt univers care a reușit în mod conștient în mare măsură să-i determine succesorului, în limitele permise de principiile materiei profunde, legile de bază. În același timp, un univers se poate naște și din simpla fluctuație a materiei profunde, punct de vedere care coincide cu intervenția șanse, discutată mai înainte.

A doua idee afirmată de Wheeler în contextul amintit se referă la rolul informației în fenomenele cuantice: „Fenomenul cuantic elementar este lucrul cel mai straniu în această lume stranie. Este straniu pentru că nu are nici o localizare în spațiu sau timp. Este straniu pentru că are un pur caracter da sau nu — un bit de „meaning” (înțeles). Este straniu deoarece este mult mai adânc impregnat cu o culoare teoretic-informațională (conform teoriei clasice și actuale a informației, n.n. M.D.) decît orice altceva în toată fizica. Această straniețe ne duce în mod natural la a întreba nu numai ce se găsește în spatele și dedesubtul fenomenului cuantic elementar, ci de asemenea — *nedumerirea numărul doi* — ce rol are în construcția a tot ce există” [33].

Acest citat reflectă problema fundamentală de frontieră a fizicii și științei contemporane. Autorul se întreabă ce se găsește sub stratul cuantic, deoarece este nevoit de însăși fizica cuantică să se întrebe. Este exact frământarea și întrebarea la care a ajuns și Florian Nicolau în 1947. Afirmatia nelocalizării în spațiu și timp reflectă, din punctul ortofizic de vedere, faptul că materia profundă nu se găsește în spațiu și timp, fiind doar generatoare de spațiu și timp. Problema fundamentală de care aminteam este aceea a materiei și a proprietăților stratului subcuantic, adică ale materiei profunde, precum și a modului în care din materia profundă se naște stratul cuantic odată cu universul, apoi însuși observatorul.

Mai rămîne să examinăm problema informației.

6. Asupra informației ne-am referit și mai înainte.

O serie de cercetări cu caracter fundamental au căutat să găsească cele mai elementare baze fizice ale computației și prin aceasta să se determine limite fizice de principiu pentru procesele computaționale [34]. Dar toate acestea se referă la comutarea între două stări notate cu 0 și 1, deci la informația structurală și anume la ceea ce se leagă de bitul și de entropia teoriei informației de tip Shannon. Este însă nesatisfăcătoare, din punctul de vedere al unei științe care dorește să cuprindă întreaga realitate, această informație structurală. Cum se leagă această informație de *înțelesul* informației, de exemplu, din mintea omului și din inteligența

artificială? Adică de un observator care *nu* este numai observatorul unui fenomen cuantic elementar în fața căruia să spună da sau nu.

Fără înțeles putem oare vorbi cu adevărat de informație?

În inteligența artificială înțelesul este purtat de informația structurală, aceasta fiind organizată într-un model al lumii avînd, spre exemplu, forma unei rețele semantice. Dar acest înțeles provine în ultimă instanță dintr-un înțeles mental uman. Înțelesul structural prezentat unui om devine din nou un înțeles mental structural — fenomenologic. Am putea chiar formula următorul principiu al unei științe structural-fenomenologice [35]:

(I) Orice informație structurală cu înțeles are la bază un sens fenomenologic sau vizează un sens fenomenologic

Sensuri fenomenologice sînt sensurile mentale și ortosensurile din materia profundă, primele fiind de fapt produse tot în materia profundă, dar *prin* și *în* contextul unui organism viu.

Este interesant că Hans Kuhn, un inițiator al ingineriei moleculare [36], ia în considerație posibilitatea ca prin procese fizice strict structurale să se producă dispozitive fizice care acumulează cunoștințe (knowledge-accumulating physical systems) [37] dar el menționează: „Sistemul acumulător de cunoaștere este considerat a fi un sistem fizic, iar în contextul unui sistem fizic conceptul de conștiință (mentală, obs. ns. M. D.) nu are nici un înțeles (sens, „meaning”): sistemul fizic este obiectul experimentat de subiectul conștient” [38].

Sistemul cu acumulare de cunoștințe neavînd conștiință (de tipul celei umane) este considerat de H. Kuhn drept un substitut pentru observatorul uman. Ce poate fi acest substitut? Un instrument de măsură la care se atașează o memorie în care se acumulează date, se organizează un model al lumii și care acționează în consecință. Acest sistem produce informație și cunoaștere pentru că măsoară. Aceasta înseamnă că inteligența artificială s-ar putea produce și de la sine, fără intervenția omului, ceea ce nu s-a întîmplat pînă acum. Este cazul unui sistem fără substanță vie, dar, de fapt, ceea ce se pretinde pentru substitutul de observator s-a și întîmplat numai cu substanța vie. Dar ea nu poate fi explicată numai structural, fiind și fenomenologică. Dificultățile conceperii substitutului de observator sînt atît de mari încît la sfîrșitul articolului său Hans Kuhn afirmă: „un observator artificial constituit în mod adecvat, folosind un sistem de procesarea informației care să nu fie bazat neapărat pe fizica clasică poate fi mai sigur pentru a raționaliza datele observate din domenii destul de diferite” [40]. Și imediat, scrie: „Intenția autorului a fost să arate că procesul conducînd

la originea și evoluția vieții trebuie să fie *considerat un fenomen fizic fundamental*” (sublinierea ns. M. D.) [41].

Viața aduce un proces fizic fundamental nou spune, în esență, și H. Kuhn. Fără viață nu a apărut inteligența și deci nici observator. Viața nu este posibilă fără sensuri fenomenologice care sînt o formă naturală de informație și care se produc într-un substrat material, informateria, componentă sau aspect al materiei profunde.

Fizica trebuie să fie legată în rădăcinile ei, de informația fenomenologică în primul rînd și numai după aceea de informația structurală. De aceea legarea fizicii cuantice numai de studiul informației structurale și aceasta redusă la bitul teoriei informației shannoniene ne apare cu totul insuficientă. Nu negăm toate aceste lucrări care au o mare importanță pentru găsirea ultimelor limite fizice ale prelucrării structurale a informației, dar fizica nu se poate opri aici în constituirea unei fizici bazate pe informație. Ea trebuie să treacă la stratul subcuantic, la materia profundă și cum aici informația fenomenologică joacă rolul esențial, singura cale deschisă de acces este fizica vieții înțeleasă ca proces structural-fenomenologic. Fizica nu mai poate neglija viața ca realitate deplină, mintea și procesele sociale, considerarea lor ca *observator* nefiind suficientă.

În materia profundă, în informaterie, informația primordială este informația fenomenologică. Din cauza ei, în materie se naște și fenomenul fizic structural din univers și informația structurală asociată lui. Cu alte cuvinte, informația structurală, sub orice formă nici nu este posibilă fără informația fenomenologică. Aspectul informațional al materiei și în particular al formei informaționale a cuanticului este o realitate fundamentală și aici sîntem din nou aproape de punctul de vedere exprimat de Wheeler, Landauer, ș.a. Dar trebuie precizat că mai adăugăm principiul

(II) Orice informație structurală provine direct sau indirect din informația fenomenologică

Fără informația fenomenologică, informația structurală nu ar exista.

7. A mai rămas să examinăm imaginea de ansamblu prezentată de Wheeler.

Lunea este un circuit închis autosintetizat, afirmă Wheeler [42]. În figura 1 reproducem figura 1 din articolul lui Wheeler de unde rezultă un circuit care creează nu puține nedumeriri. Dar să vedem ce spune Wheeler: „Viața, mintea, comunicația nu contează deloc în schema existenței? Ba, totul! „[43]; „... nici o mașină pentru a produce universuri. Participarea observatorului (observer-participancy) este întreaga sursă a ceea ce este, plus viața, mintea, comunicația” [44].

Aceste afirmații nu fac schema circuitului mai clară, dar ne duc la constatarea că autosintetizarea lumii nu are nimic de a face cu autoconsistența materiei și nici chiar cu autoconsistența lumii, în general. Circuitul din figura 1 conține fără îndoială un mister. Autorul face el însuși două observații:

a) a postula un ceva inexplicabil pe care să se construiască totul ar zgudui un principiu central al gândirii occidentale, anume că orice mister poate fi dezvăluit;

b) a postula că sub fiecare nivel de structură se găsește un altul, într-o secvență fără sfârșit, ar fi la fel de dezastruos. [45].

De aceea el a ales drept model al lumii un circuit închis care scapă, într-adevăr, de „dezastrul (b)”, dar nu scapă de „dezastrul (a)” deoarece un mister tot rămâne: din ce provine circuitul autosintetizat când nu există „nici un loc de unde începe” [46]? Wheeler înclină să creadă că din nimic. În acest circuit rolul esențial îl joacă totuși observatorul participant. Nu trebuie să bănuim atunci o sursă sub acest participant, din moment ce el are un rol esențial? Ce poate fi această sursă? Cum se poate naște acest circuit pe nimic?

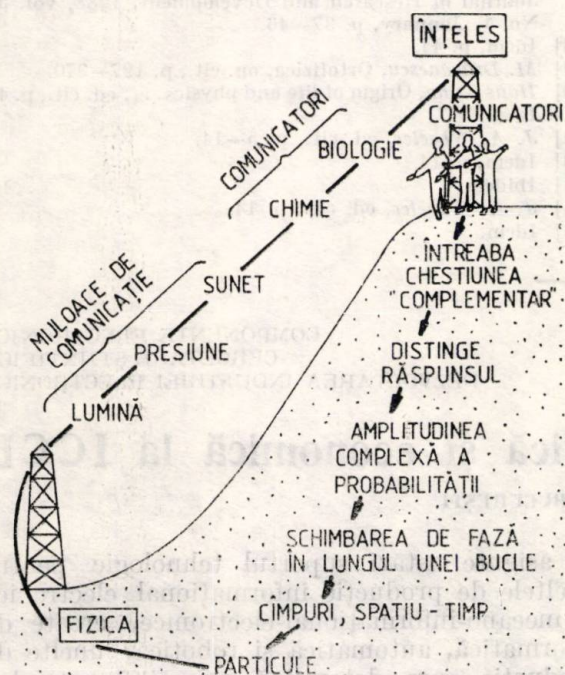


Fig. 1. Universul autosintetizat — după Wheeler [1].

În modelul ortofizic I. L. M. (inelul lumii materiale) schițat în figura 2 există o sursă care participă în același timp la înălțuirea ei într-un inel. Elementele cheie ale acestui inel sînt *materia profundă* și *omul*, respectiv *societatea*, în special conștiința lor. Materia profundă poate genera singură lumea cuantică și viața sprijinindu-se pe lumea cuantică. Tot materia profundă intervine permanent în procesul vieții

prin sensurile fenomenologice, la fel în treburile minții și conștiinței. Aceasta din urmă poate observa și acționa asupra vieții, asupra lumii macroscopice și chiar asupra lumii cuantice.

Mai mult decît atît, poate acționa și asupra materiei profunde din momentul în care confirmîndu-se un asemenea model va ști să creeze dispozitive, inevitabil cu anumite fenomene de viață special create în acest scop.

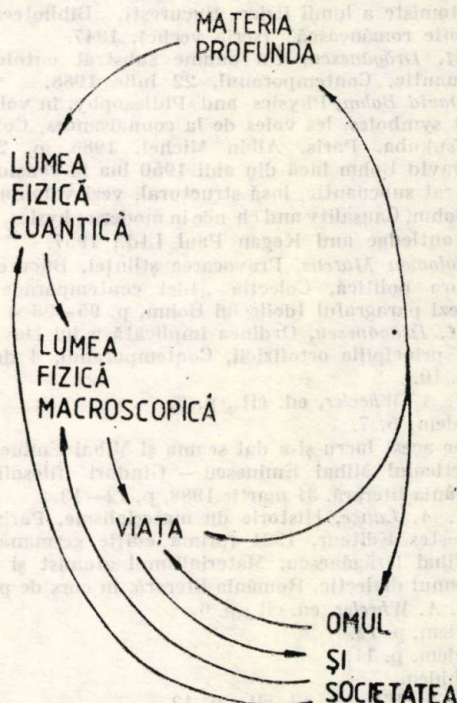


Fig. 2. Modelul ortofizic — inelul lumii materiale,

Nu este nevoie de nimic în afara acestui inel care se autosintetizează, fie începînd din materia profundă, fie din conștiință prin utilizarea unei tehnologii de acces în materia profundă. Asemenea inele pot fi oricîte, fiecărui inel corespunzîndu-i un univers. Omul în materie, aceasta fiind autoconsistentă, este observator, participant, constructor și creator. În acest inel, materia, informația și conștiința vie, adică spiritul sînt nedespărțite. Materia fără informație ar fi într-un total echilibru în sine, ar fi ca și cum n-ar fi. Informația o pune în mișcare și o conduce la spirit, iar acesta va atinge „momentele” lui de vîrf cînd va ști să fie conștiința materiei însăși, adică a existenței.

Bibliografie

- [1] Wheeler, J. A. World as system self-synthesized by quantum networking, IBM Journal of Research and Development, vol. 32, 1988, No 1, January, p. 4—15.
- [2] Wheeler, J. A. este profesor emerit de fizică la Universitatea Texas din Austin, Texas și autorul sau coautorul a 8 cărți și 324 articole. Dintre cărțile sale pot fi citate: Geometrodynamics (1962), Spacetime physics (1963), Gravitational Theory and Gravitational Collapse (1965),

- Gravitation (1973), Quantum Theory and Measurement (1983) ș.a.
- [3] Drăgănescu, M. Profunzimile lumii materiale, București, Editura politică, 1979; Ortofizica, București, Editura Științifică și Enciclopedică, 1985.
- [4] Drăgănescu, M. Autoconsistența materiei (p. 107—112); Mîntea și informateria (p. 139—143), ambele în volumul autorului „Spiritualitate, Informație, Materie, București, Editura Academiei Republicii Socialiste România.
- [5] J. A. Wheeler, ed. cit., p. 6.
- [6] Florian Nicolau, Despre imposibilitatea unei teorii atomiste a lumii fizice, București, „Biblioteca de filosofie românească” (seria veche), 1947.
- [7] M. Drăgănescu, Un anume substrat ontologic subcuantic, Contemporanul, 22 iulie 1988.
- [8] David Bohm, Physics and Philosophy, în vol. Science et symboles, les voies de la connaissances, Colloque de Tsukuba, Paris, Albin Michel, 1986, p. 253—259. David Bohm încă din anii 1950 lua în considerare un strat subcuantic, însă structural, vezi volumul: David Bohm, Causality and chance in modern physics, London, Routledge and Kegan Paul Ltd., 1957.
- [9] Solomon Marcus, Provocarea științei, București, Editura politică, Colecția „Idei contemporane”, 1988, vezi paragraful Ideile lui Bohm, p. 95—98 și 98—110.
- [10] M. Drăgănescu, Ordinea implicată a lui David Bohm și principiile ortofizicii, Contemporanul, 4 dec. 1987, p. 10.
- [11] J. A. Wheeler, ed. cit., p. 6.
- [12] Idem, p. 7.
- [13] De acest lucru și-a dat seama și Mihai Eminescu, vezi articolul Mihai Eminescu — Gînduri filosofice, România literară, 31 martie 1988, p. 12—13.
- [14] F. A. Lange, Histoire du materialisme, Paris, Alfred Costes Editeur, 1921 (prima ediție germană, 1865); Mihai Drăgănescu, Materialismul atomist și materialismul dialectic, România literară, în curs de publicare.
- [15] J. A. Wheeler, ed. cit., p. 6.
- [16] Idem, p. 12.
- [17] Idem, p. 11.
- [18] Ibidem.
- [19] J. A. Wheeler, ed. cit., p. 12.
- [20] Idem, p. 12.
- [21] Idem, p. 6 și 12—13.
- [22] Idem, p. 13.
- [23] Idem, p. 13.
- [24] M. Drăgănescu, Ortofizica, op. cit., p. 167—192.
- [25] J. A. Wheeler, ed. cit., p. 6.
- [26] Idem, p. 9.
- [27] Idem, p. 8—9.
- [28] Idem, p. 6.
- [29] John D. Barrow, Frank J. Tipler, The Anthropic Cosmological Principle, Oxford, Clarendon Press, 1986 (cit. după J. A. Wheeler, ed. cit., p. 15).
- [30] J. A. Wheeler, ed. cit., p. 15.
- [31] Idem, p. 15.
- [32] M. Drăgănescu, Succesiunea universurilor, în volumul autorului Spiritualitate, Informație, Materie, op. cit., p. 63—95.
- [33] J. A. Wheeler, ed. cit., p. 11.
- [34] L. Szilard (1929); R. Landauer (din 1960); C. H. Bennet; T. Toffoli ș.a., după Charles H. Bennet, Notes on the history of reversible computation, IBM Journal of Research and Development, 1988, vol. 32, No. 1, January, p. 16—23.
- [35] Este unul din principiile care pot fi întrevăzute pentru o știință structural-fenomenologică.
- [36] Hans Kuhn, Molecular engineering — a begin and an endeavour, in Bioelectronic and molecular electronic devices, Proceedings of International Symposium on Future Electron Devices, Tokyo, 1985, p. 1—6.
- [37] Hans Kuhn, Origin of life and physics: diversified microstructure — inducement to form information carrying and knowledge-accumulating systems, IBM Journal of Research and Development, 1988, vol. 32, No. 1, January, p. 37—46.
- [38] Idem, p. 44.
- [39] M. Drăgănescu, Ortofizica, op. cit., p. 197—370.
- [40] Hans Kuhn, Origin of life and physics..., ed. cit., p. 46.
- [41] Idem.
- [42] J. A. Wheeler, ed. cit., p. 5—14.
- [43] Idem, p. 14.
- [44] Ibidem.
- [45] J. A. Wheeler, ed. cit., p. 14.
- [46] Idem.

CZ 621.315.6 :537.1

COMPONENTE ELECTRONICE
CERCETARE ȘTIINȚIFICĂ
DEZVOLTAREA INDUSTRIEI ELECTRONICE

Două decenii de activitate științifică și economică la ICCE

LUCIAN GĂLĂȚEANU* — BUCUREȘTI

Aniversarea a 20 de ani de activitate științifică și economică la ICCE, în anul în care omenirea face bilanțul transformărilor revoluționare ale primilor 40 de ani de la inventarea tranzistorului, are semnificații angajante pentru noi, specialiști în microelectronică, domeniu care fundamentează astăzi începuturile celei de a doua revoluții industriale din istoria omenirii, bazată pe exploatarea informatizării [1].

Inventarea în 1947 a tranzistorului, în 1958 a circuitului integrat și în 1971 a microprocesorului au determinat salturi tehnologice revoluționare care au făcut ca microelectronica

să asigure astăzi suportul tehnologic pentru uneltele de producție informațional-electronice și mecano-informațional-electronice, create de informatică, automatică și robotică, unelte de producție care determină prin influența lor asupra caracterului muncii omului și a psihologiei sale, fenomene economico-sociale de profunzimea unei revoluții industriale [2].

Electronica funcțională, avînd ca obiectiv realizarea unor funcțiuni în raport cu societatea, cu uneltele și forțele de producție, a dimensionat tot mai înalt problemele electrofizice care s-au deplasat în domeniul componentelor ca presiuni tehnologice și probleme tehnico-științifice [3]. Dezeritatele din domeniul echipamentelor electronice: creșterea gradului de inteligență, simplificarea modului de

* Centrul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Componente Electronice — București.

operare, flexibilitatea ridicată, creșterea vitezei de funcționare, reducerea dimensiunilor, reducerea consumului de energie, fiabilitatea ridicată, creșterea eficienței economice au împins tehnologia dispozitivelor semiconductoare la o densitate tot mai mare a componentelor integrate [4] astfel încât circuitele cu scară foarte mare de integrare (VLSI) sînt o realitate astăzi iar nivelul ultramare de integrare (VLSI), adică $10^7 - 10^9$ componente pe structură, este în curs de realizare [5]. Gradul de integrare al circuitelor electronice monolitice, așa cum rezultă din relația :

$$N = F^{-2} \cdot D^2 PE$$

unde :

N = numărul de componente pe structură,

F = dimensiunea minimă a geometriei,

D = aria structurii,

PE = parametrul de eficiență al amplasării componentelor, este dependent de dimensiunea minimă a geometriei structurale asigurată tehnologic, de calitatea materialului semiconductor și asigurarea calității proceselor pe arii mari precum și de calitatea proiectării [6]. Obținerea performanțelor VLSI a impus eforturi științifice și economice într-o gamă largă de specializări care oferă astăzi microelectronicii asigurări de înalte performanțe tehnice [7].

— materiale semiconductoare monocristaline cu zero defecte pe plachetă cu diametrul de 150 — 200 mm,

— fluide și materiale chimice cu grad de impurificare mai mic de 0,1 părți pe milion,

— medii tehnologice cu grad de curățenie de clasă 1 și clasă 10, obtenabile prin înlocuirea totală și filtrarea aerului din camerele ultracurate la fiecare 6 secunde (anunțare IBM),

— procese tehnologice de microlitografie submicronică, cu fascicol de electroni sau cu raze X ($0,1 \mu\text{m}$ — anunțare IBM),

— procese de impurificare controlată a materialului semiconductor prin implantare ionică, cu densitate redusă de defecte (sub 20 de defecte mai mari de $0,3 \mu\text{m}$ pe plachetă de 150 mm — anunțare Varian),

— procese de spălare chimică la nivel de o particulă de $1 \mu\text{m}$ pe plachetă (anunțare Solid State Equipment Corporation),

— materiale, semifabricate și tehnologii automatizate de montaj al interconexiunilor și de încapsulare pentru o rată de defectare a dispozitivelor de $10^{-8} - 10^{-9} \text{ h}^{-1}$, în condiții de utilizare din cele mai complexe,

— tehnologii performante de caracterizare a materialelor și proceselor, dintre care microscopia de tunelare cu baleiaj — premiul Nobel 1986 — realizează imaginea atomilor individuali și a legăturilor dintre atomi,

— proiectare asistată de calculator, în sistem conversațional.

Așadar, progresele obținute în microminiaturizarea și complexitatea componentelor au fost însoțite de creșterea complexității utilajelor tehnologice și a echipamentelor de caracterizare precum și de creșterea cerințelor de puritate a mediilor și materialelor. Dezvoltarea microelectronicii a fost în mod continuu susținută prin investigații largi pentru facilități și utilaje complexe, destinate atât propriei ramuri cit și domeniilor conexe ale materialelor și semifabricatelor. De asemenea, salturile revoluționare ale tehnologiei corpului solid au fost de fiecare dată rodul unei interacțiuni intime între experiment și cunoașterea aprofundată a teoriei. Progresul microelectronicii este una din cele mai elocvente ilustrări ale potențialului creator al cercetării științifice care este orientată spre obiective strategice, pe termen lung și pune la bază cunoașterea fundamentală a materialelor și proceselor [8]. Toate aceste eforturi se reflectă în cheltuielile de cercetare și dezvoltare pentru industria electronică, ce s-au situat, la nivelul țărilor puternic industrializate, la 20—26% din totalul cheltuielilor lor de dezvoltare [9].

În țara noastră, microelectronica s-a dezvoltat în urma hotărârii Congresului al IX-lea al partidului, o importanță deosebită avînd aprobarea în Comitetul Politic Executiv al CC al PCR, în anul 1967, a „Programului pentru dotarea economiei naționale cu echipamente moderne de calcul și automatizarea prelucrării datelor” [1]. Acest program prevedea dezvoltarea informaticii, a fabricației de calculatoare electronice, a microelectronicii — respectiv producția de circuite integrate și componente profesionale — precum și a activității de cercetare pentru microelectronică — înființarea, în anul 1968, a Centrului de Cercetare pentru Componente Electronice. Participînd la dezvoltarea industriei de componente electronice prin orientarea resurselor financiare, prin pregătirea superioară a specialiștilor — ca fondator al școlii românești de dispozitive semiconductoare — și prin conducerea directă, în anii 1968 — 1970, a cercetării științifice în domeniu, prof. dr. doc. Mihai Drăgănescu încadrează cei 20 de ani de activitate științifică și economică la ICCE în „a treia perioadă a dezvoltării electronicii în România (1960—1990) — etapa industriei electronice constituită într-o structură echilibrată prin hotărîrea de partid din anul 1967 ” [10].

Înființarea Centrului de Cercetare pentru Componente Electronice, în anul 1968, odată cu lansarea programului de dezvoltare a microelectronicii la noi în țară, a constituit asigurarea încă de la început a domeniului componentelor electronice cu aportul important al cercetării științifice proprii. O privire retrospectivă asupra realizărilor ICCE din cele două decenii de activitate înseamnă o parcurgere a contribuțiilor ICCE la dezvoltările de noi capacități de producție, la asigurarea necesarului

intern de componente și la progresul științific în domeniul microelectronicii.

O primă direcție de contribuție a cercetării științifice la dezvoltarea microelectronicii este *participarea ICCE la dezvoltările de noi capacități de producție de componente electronice*.

Această participare cuprinde coordonarea elaborării Programelor Speciale privind dezvoltarea în domeniul componentelor, asigurarea de specialiști, transferul de tehnologii și de utilaje elaborate prin cercetare proprie pentru punerea în funcțiune a obiectivelor precum și coordonarea specializării internaționale pentru realizarea unei tehnologii microelectronice integrate la nivelul țărilor membre ale CAER.

Programele Speciale pentru Componente elaborate sub coordonarea Centrului de Cercetare au condus la dezvoltarea în țară a unei industrii de componente electronice care a asigurat economiei naționale, în anul 1987: 77% din necesarul intern, într-o gamă de 153 de clase tehnologice de componente, față de cca 304 existente pe plan mondial [11].

Centrul de cercetare a participat la punerea în funcțiune a celor 10 unități tehnologice ale Platformei Băneasa [10] precum și a altor unități tehnologice ale domeniului. Astfel, pentru primele dezvoltări în tehnologia siliciului realizate la IPRS-Băneasa pentru diode, tranzistoare și circuite integrate bipolare, care au beneficiat de preluare de tehnologii pe bază de licență de la SESCOSEM și SILEC (FRANȚA) și ITT(RFG), ICCE a asigurat formarea de specialiști, preluarea licențelor, punerea în fabricație și diversificarea producției.

Ulterior, cercetarea proprie a jucat un rol determinant în asigurarea tehnologiilor pentru noile obiective de producție astfel încât dezvoltările pentru condensatoare cu tantal, materiale semiconductoare, circuite integrate MOS-LSI și componente optoelectronice ale TEHNOTON, ICPMS și respectiv MICROELECTRONICA s-au făcut atît cu aportul unui număr însemnat de specialiști formați la ICCE (197) cît și cu transferul tehnologiilor elaborate la ICCE. De asemenea, dezvoltările de capacități de producție ale ICCE, în domeniile componentelor, utilajelor și materialelor s-au realizat fără licențe, pe baza tehnologiilor elaborate prin cercetare proprie.

În cincinalul pe care îl parcurgem, dezvoltarea domeniului componentelor electronice presupune, conform Programului Special de Componente 1986–1990, creșteri ale capacităților de producție pentru 45 de linii tehnologice aparținînd unui număr de 14 domenii [12]. Aceste dezvoltări presupun un număr de numai 7 linii tehnologice noi, alături de modernizări și multiplicări de utilaje în cadrul unei capacități de autoutilare de 620 mil. lei/an existentă în unitățile producătoare de componente și completări de utilaje prin import, asigurat cu

schimburi comerciale în contrapartidă pe baza comenzilor de utilaje tehnologice protocolate cu țările membre ale CAER. Utilajele pentru industria componentelor electronice, competitive în perioada 1986–1990 sînt utilaje de mare productivitate care realizează elemente constructive submicronice, corelează parametri fizico-chimici cu precizii moleculare și sînt organizate pe grupuri de procese tehnologice ale căror fluxuri materiale și informațiile sînt conduse automat de calculatoare electronice.

Proiectarea, modernizarea continuă și asigurarea capacităților de producție pentru utilaje tehnologice se pot realiza, pentru tot nomenclatorul de utilaje, numai prin cooperări și specializări internaționale la care participarea țărilor industriale medii și mici este necesară pentru echilibrarea importurilor acestora, în vederea dotării cu toate tipurile de utilaje ale unui modul tehnologic care însumează valori de investiții de 60–80 mil. dolari [12]. În acest context, România, adoptînd perspectiva „microelectronicii globale” ca soluție a asigurării eficienței și independenței dezvoltărilor care conțin microelectronică, s-a angajat prin hotărîre guvernamentală ca țară participantă la Convenția de specializare și cooperare internațională a țărilor membre ale CAER, pentru elaborarea și fabricarea de produse microelectronice.

Coordonînd participarea RSR la cele trei direcții ale cooperării și specializării internaționale pentru asigurarea țărilor membre ale CAER cu baza unificată de circuite electronice integrate, cu utilajele tehnologice și cu materialele pentru microelectronică, ICCE a omologat internațional în perioada 1986–1988 toate cele 9 tipuri de utilaje angajate prin specializare, din modulul tehnologic destinat realizării memoriilor de 256 Kbiți pe plachete de siliciu cu diametrul de 125 mm.

Pentru modulul tehnologic destinat realizării memoriilor de 1 Mbit pe plachete de siliciu cu diametrul de 150–200 mm, ICCE s-a angajat, împreună cu alți colaboratori din țară, la realizarea celor 34 de tipuri de utilaje din domeniile care revin în specializarea RSR și anume prelucrarea lingoului și a plachetelor de siliciu și asigurarea mediilor curate.

În condițiile în care nivelul tehnologic al produselor electronice exprimă nivelul de dezvoltare al economiei naționale problemele industriei electronice condiționează și se includ în obiectivele dezvoltării multilaterale a României [13]. La nivelul anului 1988, aceste probleme sînt:

(I) competitivitatea la export a produselor industriilor constructoare de mașini este condiționată de performanțele de inteligență, fiabilitate și eficiență economică ale echipamentelor electronice încorporate; (II) microminiaturizarea componentelor condiționează tehnologic

performanțele echipamentelor electronice; (III) tehnologiile industriei microelectronice cu un grad mare de integrare solicită produse de vîrf în mai multe ramuri industriale și utilaje dintre cele mai complexe. Dezvoltarea capacităților proprii, integrate optim în cooperarea și specializarea internațională oferă — prin asigurarea, în contrapartidă, a schimburilor comerciale de utilaje tehnologice, materiale ultrapure și componente microelectronice — soluțiile tehnice și eficiente de rezolvare a problemelor cu care se confruntă astăzi industria de componente electronice din România.

O a doua direcție de contribuție a Centrului de Cercetare la dezvoltarea electronicii este *participarea ICCE la asigurarea necesarului intern de componente electronice*. Această participare s-a realizat în principal, prin cercetarea și introducerea în fabricație la ICCE a componentelor de serii mici și a echipamentelor de serii foarte mici sau unicat, solicitate de economia națională.

Activitatea de producție dezvoltată de ICCE a avut o dinamică puternic ascendentă care a fost marcată, în perioada de început, de ritmul creșterii activității productive în cadrul laboratoarelor de cercetare, ulterior, de integrarea progresivă în funcțiune a capacităților de producție ale secțiilor de fabricație componente electronice și utilaje tehnologice și, în ultima perioadă, de ritmul creșterii productivității muncii.

Astfel, în primii opt ani de activitate productivă desfășurată în laboratoarele de cercetare (1970—1977), ICCE a realizat produse în valoare de 100 mil. lei. În următorii opt ani (1978—1985), ICCE a atins volumul cumulat de producție de 1 miliard lei, urmare a intrării în funcțiune a celor două secții de producție. Realizarea celui de al doilea miliard de lei producție se va încheia la ICCE în numai 4 ani, urmare a eforturilor de modernizare a fabricației și de creștere a productivității muncii. Ca evoluție sortimentală a producției, primele componente livrate de ICCE, în anul 1970, au fost tranzistorul BC 101 și tiristorul planar de 0,1 A, TP 01. Cele 7 produse ale anului 1972 merită a fi menționate deoarece performanțele și buna lor realizare au păstrat pînă astăzi tranzistoarele ROS 03, ROS 04, 2N 918, 2N 709 și dioda Schottky ROD 01 pe listele de comenzi ale beneficiarilor, iar tiristoarele T 50 și T 08 au fost transferate la IPRS—Băneasa. În anul 1973, ICCE livrează primele circuite integrate (ROB 3018 și ROB 151) alături de o gamă deja complexă de componente: tranzistoare, diode de comutație, tiristoare, punți redresoare, condensatoare cu tantal. Livrările ICCE se extind în 1975 în domeniul optoelectronicii (celulele fotovoltaice ROL 11) și în 1977 în domeniul microundelor (diodele varactor ROV 101 și diodele *pin*

ROV 201). În anul 1988, eforturile acumulate în două decenii de cercetare și introducere în fabricație a produselor solicitate de economia națională definesc un profil de producție de peste 1 000 de produse, dintr-o gamă deosebit de variată de clase tehnologice, organizată pe domenii astfel

- componente electronice — peste 300 de tipuri din 70 de clase tehnologice care acoperă domeniile: discrete bipolare, discrete unipolare, circuite integrate bipolare, circuite integrate MOS, componente optoelectronice și componente pentru microunde,

- utilaje și echipamente electronice — peste 60 de tipuri destinate tehnologiei componentelor semiconductoare, tehnologiei componentelor pasive, tehnologiei modulelor electronice și conducerii automate a proceselor industriale,

- aparatură de măsură și control — peste 100 de tipuri de aparatură discretă de laborator.

- module și circuite integrate hibride — 37 de tipuri pentru instrumente de măsură, aplicații industriale și auto.

- măști microlitografice — peste 500 de tipuri care acoperă întreaga gamă a tehnologiilor de fabricație din platforma Băneasa,

- materiale de înaltă puritate pentru microelectronică — 6 tipuri din familiile: soluții de aurire, dopanți și dezvoltanți.

Prin livrările sale de produse, ICCE răspunde solicitărilor la 12 programe naționale prioritare, dintre care menționăm programele: ONF, naval, de telecomunicații, de aviație, de geofizică, de electronizare a mijloacelor auto. La programul de export, ICCE participă, prin livrările sale de componente, la exportul de instalații și echipamente electronice.

În situațiile în care solicitările de produse asimilate prin cercetare la ICCE au atins nivelele seriilor medii sau mari, ICCE a asigurat transferul fabricațiilor în întreprinderile de componente. În acest fel, alături de transferurile de tehnologii și produse realizate cu ocazia punerii în funcțiune a noilor capacități de producție, ICCE a transferat producătorilor de serii mari de componente, un număr de aproape 100 de produse din 20 de clase tehnologice.

Cea de a treia direcție de contribuție a Centrului de cercetare la dezvoltarea microelectronicii este *participarea ICCE la progresul științific în domeniul componentelor electronice*.

Coordonînd o activitate de cercetare larg dezvoltată, la care își aduc o contribuție bogată specialiști din întreprinderile de componente, specialiști din domeniul echipamentelor și materialelor pentru microelectronică, cadre din învățămîntul superior și din alte institute, ICCE a desfășurat o activitate de cercetare științifică care se încadrează în următoarele etape

cincinale ale dezvoltării activității institutului :
etapa a I-a, 1968—1973, (CCPCE) a acumulărilor fundamentale;

etapa a II-a, 1974—1978 (ICCE), a dezvoltării multilaterale a domeniilor de cercetare și producție (dezvoltare de tehnologii proprii cu echipamente și materiale vest);

etapa a III-a, 1979—1982 (CCSITS), a dezvoltării pe baza integrării în tehnologiile existente în țară și

etapa a IV-a, 1983—1988 (CCSIT—CE), a dezvoltării intensive a cercetării și producției la performanțele maxime ale tehnologiilor existente în țară precum și a perioadei de început a integrării cercetării și producției în sistemul cooperării și specializării țărilor membre ale CAER. Evoluția domeniilor de cercetare în institut este caracterizată de o puternică linie ascendentă atît în ceea ce privește gama și complexitatea tehnologiilor abordate cît și performanțele de dispozitiv atinse.

Activitatea de cercetare tehnologică și de proiectare a ICCE a început în domeniul componentelor discrete bipolare, cu elaborarea tranzistorului planar BC 101 și a tiristorului de 0,1 A, TP 01. Dezvoltarea sistematică a domeniului a condus la obținerea unor rezultate performante, în cadrul a peste 25 de familii tehnologice, dintre care menționăm :

- timp de comutație de 1,5 ns, la diode Schottky (ROD 01, 1971),

- comutarea a 50 A, cu tensiuni de blocare de 800 V, la tiristoare de putere (T 50, 1972),

- rezistență dinamică de 3,5 ohmi la diode Zener (IN 3016 B 1972).

- frecvență de tăiere de 1,3 GHz, la tranzistoare *n p n* de înaltă frecvență (BFY 90, 1974),

- zgomot redus, de 2,5 dB, la tranzistoare *n p n* de mică putere (2N 930, 1976),

- domeniu larg al condițiilor de rezistență negativă, la tranzistoare unijonctiune (2N 1671, 1977),

- putere de ieșire de 70 W, la tranzistoare de radiofrecvență (2N 4933, 1978),

- încapsulare microminiatură, la componente destinate circuitelor integrate hibride (SOT 23, 1979),

- tensiuni de blocare de 15 kV, la diode redresoare cu avalanșă controlată (ROR 15—02, 1981),

- timp de comutație de 10 ns, la tranzistoare *p n p* de comutație (2N 2894 A, 1982),

- curent rezidual de 100 pA, la 125 V, la diode picoamperice (ROD 02, 1982),

- factor de stabilizare cu temperatura de 10 ppm/°C, la diode termocompensate (ROZ 82, 1982),

- tensiuni de blocare de 25 kV, la coloane redresoare (ROR 25—03, 1985).

În domeniul tranzistoarelor unipolare, au fost abordate prin cercetare atît tehnologia MOS

cît și tehnologia JFET. Încă de la primele realizări în tehnologia MOS s-au obținut nivele de $10^{10} \Omega$ pentru rezistența în invers și 10Ω pentru rezistența în direct (ROS 01, 1973). În tehnologia JFET, nivelul de 8 nA al curentului de intrare, obținut la primul tranzistor realizat în domeniu (BFW 10, 1978), a fost scăzut la 0,5 nA prin tehnologia tranzistoarelor JFET duble (2N 3955, 1986). ICCE are meritul de a fi realizat o tehnologie unică în est pentru tranzistoarele VMOS de putere (BVM 35, 1980). De asemenea, elaborarea tehnologiei MOS cu canal *n* autoalinat asigură obținerea tetrodelor MOS cu capacități de reacție ale tranzistoarelor de 0,65 pF (BFR 84, 1988).

În domeniul componentelor optoelectronice activitatea de cercetare științifică a început în perioada 1974—1975 cu tehnologiile celulelor fotovoltaice, a celulelor solare și a fotodiodelor cu siliciu. În dezvoltarea permanentă a domeniului, s-au obținut performanțe înalte într-o gamă largă de familii de dispozitive optoelectronice și anume :

- sensibilitate luminoasă de 20 mA/Klx la fototranzistoare (ROL 31, 1977) și de 0,2 mA/Klx la fototranzistoare Darlington (ROL 36, 1984),

- responsivitate de 0,5 A/W, la fotodiode *pin* (ROL 26, 1983) și de 50 A/W, la fotodiode în avalanșă (ROL 127, 1988),

- responsivitate de 65 mV/μW, în banda de 15 MHz, la fotodetectoare integrate (ROL 165, 1986),

- rezoluție de 2 μm la matrici optice (ROL 600, 1988),

- timp de răspuns de 0,5 ns, la fotodiodele rapide cu siliciu (ROL 121, 1985),

- prag optic de amorțare de 100 lx, cu tensiuni de blocare de 400 V, la fototiristoare (ROL 37, 1986),

- prag de comutare de 5 lx, la fototrigere (ROL 110, 1986),

- randamente de conversie de 18%, la celule solare cu siliciu monocristalin (ROL 41, 1982) și de 11%, la celule solare cu polisiliciu (ROL 41 P, 1983),

- rate de transmitere a datelor de 1 Mbit/s și factor de transfer în curent de 1000%, la cuploare optice (ROL 63—64, 1985),

- tensiune de izolare de 2500 V și curent de amorțare de 5 mA la cuploarele optice cu fototiristor (ROL 69, 1986),

- distanță de cuplare optică de 10 m la bariera fotoelectrică (ROL 68, 1988) și la module de telecomandă (ROL 170, 1988),

- eficacitate de detecție de 65%, pe arii de 500 mm², la detectoare de radiații (ROL 100, 1988).

Activitatea de cercetare în domeniul micro-undelor a elaborat, în prima etapă a acumulărilor fundamentale [14], tehnologia PLESA pentru diodele de microunde prin care s-au obținut primele diode varactor (ROV 101, 1977)

și primele diode *pin* (ROV 201, 1977) în banda 8–12 GHz. În etapele care au urmat s-a realizat dezvoltarea complexă a domeniului prin abordarea problemelor științifice privind proiectarea, modelarea, caracterizarea și tehnologiile specifice pentru principalele clase de componente semiconductoare și circuite de microunde. S-au obținut diode Schottky în gama 2–12 GHz, diode multiplicatoare în gama 1–25 GHz, diode de detecție și tranzistoare de medie putere pentru microunde precum și componente pasive și circuite complexe având o gamă variată de funcții (cuploare direcționale, filtre, divizoare, circulatori, detectoare, mixere, multiplicatoare de frecvență, amplificatoare, oscilatoare, limitatoare, defazoare și modulatori de amplitudine).

Performanțele obținute în tehnologiile componentelor și circuitelor de microunde sînt sintetizate în parametrii supercomponentelor realizate (traductoare de microunde, blocuri de emisie-recepție și de recepție), definitorii fiind parametrii blocului de recepție a semnalelor emise de satelit: cîștig de conversie de 40 dB și factor de zgomot de 2 dB, în banda de 10,9–11,7 GHz.

În domeniul circuitelor integrate, ICCE a elaborat, prin cercetare, tehnologii din ce în ce mai avansate pentru circuite integrate standard bipolare și MOS precum și pentru circuite integrate la comandă. După prima tehnologie bipolară standard de 10 V, elaborată în 1973, care a permis realizarea primelor preamplificatoare ROB 151 și ROB 740, compuse din numai 8 tranzistoare și rezistențe, integrate pe o arie de 0,5 mm², cele 10 tehnologii bipolare elaborate pînă în anul 1988 permit realizarea de amplificatoare și preamplificatoare, amplificatoare operaționale, stabilizatoare de tensiune, comparatoare de tensiune, modulatori, generatoare de funcții, circuite de interfață și matrici de componente ale căror structuri au arii de pînă la 12 mm² și cuprind 12 tipuri de componente. În domeniul MOS, realizarea în anul 1974, în tehnologia pMOS cu poartă de aluminiu, a porții multifuncționale ROM 01, a continuat cu atingerea nivelului tehnologic MOS-LSI prin realizarea în 1978 a generatorului de caractere ROM 2560 precum și cu elaborarea, în anul 1986, a tehnologiei CMOS cu poartă din metal refractar. Pentru realizarea circuitelor integrate la comandă, ICCE a obținut brevet de invenție pentru tehnica MONOCIP (1981), în care s-au realizat 15 tipuri de circuite integrate pe structuri semiprocuate precum și pentru tehnologia full-custom, în care s-a realizat regulatorul de tensiune pentru autovehicule cu detector de avarii, ROB 8140 (1985). Abordarea tehnologiei CDI a permis elaborarea, în 1987, a primului proiect de bibliotecă de celule pe arii de porți semiprocuate.

Activitatea de cercetare în domeniul circuitelor integrate hibride, începută în anul 1977 cu un STE de dezvoltare a domeniului, a abordat problemele tehnologiilor circuitelor cu pelicule subțiri, a circuitelor cu pelicule groase și a modulelor electronice, reușind realizarea unei game largi de funcții și de performanțe, solicitate de beneficiari, în domeniul instrumentelor de măsură, al aplicațiilor industriale, al aplicațiilor auto precum și pentru domeniul microundelor.

În domeniul componentelor pasive prima etapă de cercetare a început în 1970–1971 cu condensatoarele cu tantal și rezistoarele cu pelicule subțiri și s-a dezvoltat pînă la asigurarea componentelor speciale necesare sistemului de aprindere al motoarelor de aviație. În cea de a doua etapă, activitatea de cercetare s-a axat pe abordarea problemelor tehnologice ale componentelor pasive necesare domeniului de microunde. Activitatea de cercetare desfășurată în domeniul realizării și caracterizării siliciului monocristalin a asigurat asimilarea unor sortimente de material semiconductor, necesare la IPRS—Băneasa și ICCE și, îndeosebi, a stat la baza punerii în funcțiune a Întreprinderii de Cercetare și Producție pentru Materiale Semiconductoare (ICPMS) prin transferul de specialiști și tehnologii, din anul 1976.

În domeniul materialelor ultrapure pentru microelectronică, ICCE a dezvoltat metode de caracterizare spectroscopice cu sensibilități de ordinul sutimilor de părți pe milion care asigură controlul materialelor pentru întreaga platformă industrială a semiconductoarelor. De asemenea, au fost asimilate prin cercetare proprie materiale pentru microelectronică (soluții de aurire, dopanți și developanți) care au caracteristicile solicitate de procesele tehnologice, dintre care menționăm conținutul de impurități metalice mai mic de 1 ppm.

Activitatea ICCE de cercetare în domeniul utilajelor și echipamentelor electronice, caracterizată de realizarea în mare parte a unor produse unicate, are un grad mare de diversificare. În domeniul fabricației componentelor semiconductoare, au fost elaborate utilaje tehnologice pentru montaj (sudură structuri, sudură conexiuni, micromanipulări, încapsulare, marcarea), pentru prelucrare plachete de siliciu (șlefuire, sortare), pentru fabricație structuri (depuneri din fază gazoasă, hote cu flux laminar, spălări, complexe de camere ultracurate), pentru caracterizare electrică (aparatură specializată și testere automate) și pentru încercări (standuri de funcționare, standuri de încercări accelerate, încercări mecano-climatice). Au fost abordate prin cercetare utilaje tehnologice pentru componente pasive și pentru module electronice precum și: instalații pentru conducerea automată a proceselor industriale,

băi de curățire cu ultrasunete, aparatură de laborator.

Sint de menționat realizările în domeniul testării automate în care ICCE a elaborat peste 30 de tipuri de testere care asigură testarea pe plachetă și la final a parametrilor statici la toată gama de produse a ICCE precum și pentru unele secții ale IPRS—Băneasa. În cadrul unei secții a IPRS funcționează o linie completă de caracterizare dinamică și statică, a diodelor varicap și de comutație, elaborată de ICCE. De asemenea în perioada 1986—1988 au fost realizate primele omologări internaționale pentru instalații de prelucrare lingouri și plachete de siliciu (4 tipuri), echipamente de testare și sortare (2 tipuri), echipamente pentru asigurarea mediului tehnologic (1 tip) și echipamente pentru încapsulare (1 tip).

În domeniul fiabilității activitatea de cercetare a început cu studiile de fiabilitatea componentelor, analiza defectărilor tipice și profesionalizarea unor componente, care au dus la atingerea unei rate de defectare mai mici de $5 \cdot 10^{-7} h^{-1}$ la omologările profesionale PI (ROS 03—04, 2N 2218—22 în 1978 și BFW 45, 2N 2894 E, ROD 02, ROB 201 în 1982) precum și la îndeplinirea condițiilor suplimentare de fiabilitate, solicitate pentru programele naționale prioritare. Pentru această direcție, ICCE a elaborat norma generală de definire a nivelurilor profesionale PI, PII, PIII (NID 6093/1976) precum și normele generale de definire a condițiilor de fiabilitate ridicată pentru diferite domenii speciale (rachete—1978, aviație—NTR 13730 și 13731/1981, trafic metrou—1983, apă grea—G 192/1983). De asemenea, ICCE a desfășurat o activitate de cercetare orientată către dezvoltarea elementelor constitutive ale unui sistem de asigurarea fiabilității, și anume:

- metode de caracterizare microfizică (microscopia electronică/1976, interferometria holografică/1977, baleiaj laser/1978, microtermoscopie în IR/1979, analiză cu cristale lichide/1981, topografie cu raze X/1985, microscopie cu raze X/1985, microscopie electronică prin transmisie/1986),

- prelucrarea statistică a datelor, adecvată fenomenelor fizico-chimice de defectare ale semiconductoarelor (1983),

- încercări accelerate pentru diferiți factori de stress (1982—1988),

- metode de estimare rapidă a fiabilității (1985),

- proiectarea îmbătrînirii accelerate (1986),

- studiul mecanismelor de defectare (1986—1988),

- dezvoltarea Sistemului de Asigurare a Calității pentru controlul continuu al parametrilor de fiabilitate (SUIC/1986, SAF/1988).

La baza performanțelor obținute în realizarea dispozitivelor semiconductoare din dife-

rite domenii au stat progresele făcute în cercetarea tehnologică de proces și în unele cercetări fundamentale. Dintre acestea menționăm realizările din domeniile: depunerea din fază de vapori, la presiune joasă, a surselor de difuzie (SiO_2 dopat cu As, SiO_2 dopat cu Sb) ghetterarea intrinsecă a siliciului; modificarea barierei Schottky prin implantare ionică; corodarea MESA a arseniurii de galiu; caracterizarea straturilor subțiri; caracterizarea de suprafață a siliciului, efectele dopării puternice în siliciu; spectroscopia tranzitorie de nivele adinci; spectroscopia de fluctuații; modelări analitice avansate ale difuziei de bor și de fosfor în siliciu și ale redistribuției de impurități în timpul tratamentului cu laser după implantare ionică.

Valoarea științifică a lucrărilor de cercetare elaborate de ICCE a fost atestată în sistemul comunicărilor științifice și al publicării rezultatelor. Astfel, în criteriile exigente de selecție ale Conferinței Anuale de Semiconductoare—organizată de ICCE de-a lungul a 11 ediții—s-au încadrat 511 comunicări ale cercetătorilor din ICCE, alături de 599 lucrări ale colegilor din întreprinderile de componente, din institutele de învățământ superior și din alte institute din țară. La conferințe internaționale, ICCE a participat cu un număr de 78 de comunicări științifice (înregistrate în perioada 1980—1988) dintre care 54 în țările est și 24 în vest. S-au identificat (dispunându-se de date incomplete) un număr de 38 de lucrări științifice publicate în revistele de prestigiu ale domeniului: Solid-State Electronics, IEEE Transactions Electron Devices/Solid State Circuits, Journal of Electrochemical Society, Applied Physics Letters, Electronic Letters, Thin Solid Films, International Journal Of Electronics ș.a.

Originalitatea lucrărilor elaborate de ICCE stă la baza obținerii a 73 de brevete de invenție pentru tehnologii de proces și de dispozitive, metode de caracterizare microfizică și de testare, aplicații și automatizări. Specialiștii ICCE au editat 8 monografii științifice în domeniile circuitelor integrate monolitice, al circuitelor integrate hibride, al componentelor optoelectronice și al aplicațiilor. De asemenea, lucrările de cercetare ICCE au întrunit condițiile recunoașterii academice, în domeniile microunde, MOS, optoelectronic și al zgomotului 1/f, decernându-li-se 5 premii ale Academiei RSR, în perioada 1978—1987.

Astăzi, la împlinirea a două decenii de activitate științifică și economică la ICCE, alături de satisfacția parcurgerii retrospective a rezultatelor obținute, ne gândim cu responsabilitate la proiectarea în viitor a activităților noastre. Revenind la semnificațiile angajante ale conștientizării rolului microelectronicii, de ramură care stă la baza celei de a doua revoluții industriale din istoria omenirii, situăm strategia

dezvoltării pentru cercetarea științifică de componente electronice, la nivelul implicațiilor majore ale acesteia în dezvoltarea multilaterală a României. Microelectronica și informatica sînt factori comuni ai tuturor dezvoltărilor tehnologice ale ramurilor economiilor naționale. Dispozitivele microelectronice dotate cu programe informaționale, devenite cele mai revoluționare unelte ale omenirii, se constituie în instrumente ale politicii economice internaționale [15].

Impactul dezvoltării tehnicii de calcul, a automatizărilor flexibile, a roboticii și a telecomunicațiilor asupra forțelor de producție și a dezvoltării economico-sociale a statelor, este atît de mare încît „...cei care nu reușesc să participe la competiția (mondială în microelectronică) sînt handicapați pentru totdeauna...” (citât din Michel Schwartz. Responsabilitatea guvernamentală față de tehnologie, politica în legătură cu microelectronica în Europa Occidentală, 1981) [16]. Obiectivul electronicii funcționale de a amplifica inteligența socială, umană și artificială, împreună cu adaptarea la om a sistemelor tehnice, determină dezvoltările microelectronicii în perioada următoare.

În domeniul circuitelor integrate, dezvoltarea este caracterizată de creșterea gradului de integrare, a vitezei de funcționare și de asigurarea printr-o tehnică eficientă, a gamei largi de funcții solicitate de aplicații (ASIC) [17]. În perspectiva integrării gigascale (mai mult de 10^9 componente pe structură), sînt vizate ierarhic [6]: exploatarea limitelor fundamentale (date de termodinamică, mecanică cuantică și electromagnetism), exploatarea limitelor de material (conductibilitatea termică ridicată la siliciu, mobilitatea electronilor ridicată la semiconductorii compuși, realizarea unor materiale semiconductoare cu proprietăți dorite, prin ingineria benzilor de energie), exploatarea limitelor de dispozitiv (microlitografia submicronică pentru dispozitive cu structuri la scară atomică), exploatarea limitelor de circuit (capacitatea informațională ridicată a circuitelor CMOS, viteza mare de comunicație optică între circuite prin interfețe cu GaAs, integrarea în volumul semiconductorului, extinderea metodelor informaționale de proiectare) precum și exploatarea limitelor de sistem (integrarea de sisteme de circuite pe o plachetă semiconductoră).

Nivelul de integrare realizabil pînă în anul 2000, prin colaborările internaționale angajate în cadrul CAER, este corespunzător fabricației memoriilor de 64 Mbiți ($0,3-0,5 \mu\text{m}$ dimensiunea elementelor structurii, litografii cu raze X, cu fascicul de electroni sau fascicul ionic pentru 20–24 de straturi, pe plachete cu diametrul de 200 mm cu organizare pe linii complet automate). De asemenea, cercetarea

proprie are perspectiva realizării funcțiilor complexe, solicitate de aplicații prin proiectarea la comandă a circuitelor realizate pe structuri semiprocinate (ASIC).

În domeniul optoelectronicii, interacția crescută dintre circuitele integrate de mare viteză și tehnologia de comunicații optice presupune abordarea în perspectivă a componentelor optoelectronice integrate de mare sensibilitate și viteză mare de răspuns — realizabile pe semiconductori ternari și cuaternari — precum și a componentelor optoelectronice pentru comunicații optice (în aer sau prin fibre optice), realizabile pe Si, GaAs, AlGaAs.

În domeniul componentelor de microunde, abordarea gamei undelor milimetrice (18–26 și 26–40 GHz) înseamnă realizarea pe GaAs a diodelor Gunn și Schottky și a tranzistoarelor MESFET, realizarea de circuite integrate monolitice cu GaAs, pe substrat semiizolator, realizarea de componente cu materiale magnetice monocristaline (YIG) precum și a componentelor pasive specializate.

În domeniul circuitelor integrate hibride și al componentelor pasive, dezvoltările presupun direcții de profesionalizare și miniaturizare, abordarea componentelor cu montaj de suprafață precum și a tehnologiilor de montaj direct, a structurii pe cablaj.

Electronica acționărilor solicită în continuare dezvoltări ale discretelor de mare putere precum și a circuitelor integrate de putere.

Fiabilitatea înaltă, solicitată componentelor electronice de marea complexitate a echipamentelor și de siguranța în funcționare a acestora, pentru condiții de stress din cele mai diferite, presupune dezvoltarea unei metodologii noi de asigurarea fiabilității, adecvată ratelor de defectare de 10^{-9} h^{-1} și condițiilor complexe de solicitare.

În domeniile materialelor și utilajelor, miniaturizarea — în general și scara de integrare a circuitelor — în special — presupun creșterea, în continuare, a nivelului de puritate al materialelor, a complexității și al gradului de automatizare ale utilajelor, pentru a satisface necesitățile fizico-chimice și de reproductibilitate ale unor procese de fabricație ajunse la scară atomică.

Deciziile privind dezvoltarea, în perioada următoare, a cercetării științifice pentru microelectronică trebuie să rezolve problemele asigurărilor necesare prin optimizarea direcționării eforturilor și anume: (i) raportul optim între cercetarea fundamentală (tehnologii revoluționare) și cercetarea pentru aplicarea industrială a tehnologiilor de vîrf realizate pe plan mondial; (ii) raportul optim între tematica abordată prin cercetare proprie și colaborările internaționale, asigurarea accesului la patrimoniul internațional al cunoașterii în domeniul microelectronicii; (iii)

nivelul optim de integrare a industriei de componente și a industriilor de suport (materiale, utilaje), echilibrarea asigurărilor prin capacitățile proprii și a asigurărilor prin schimburile comerciale în contrapartidă; (iv) asigurarea calității resurselor umane și utilizarea eficientă a acestora (școala românească de microelectronică, politica de cadre, informatizarea cercetării).

ICCE clădește strategia dezvoltării microelectronicii românești pentru etapa următoare, prin integrarea cercetării și producției în sistemul de cooperări al „microelectronicii globale”, cu angajări realizate deja pentru perioada până în anul 2000, la nivelul specializării țărilor membre ale CAER. Realizarea de produse competitive care să permită integrarea internațională optimă, este soluția asigurării eficienței și independenței dezvoltărilor care conțin microelectronica, în etapa a patra a dezvoltării electronicii la noi în țară (1990–2020), etapa „electronizării tuturor domeniilor vieții economice și sociale”, sarcină a Programului partidului de dezvoltare multilaterală a României.

Bibliografie

- [1] M. Drăgănescu, A doua revoluție industrială, Editura Tehnică, Buc., 1980.
- [2] V. Roman, A doua revoluție industrială — Prefață, Editura Tehnică Buc., 1980.

CZ 538.3 :621.315

Tranzistor cu inducție statică în tehnologie planară

ADRIAN RUSU*, CONSTANTIN POSTOLACHE** — BUCUREȘTI

Introducere

Lucrarea prezintă rezultatele studiilor întreprinse pentru proiectarea și construcția unui tranzistor cu inducție statică de medie putere, destinat amplificării semnalelor de bandă largă până la 200 MHz. Scopul realizării acestui dispozitiv este de verificare a concepției proprii despre funcționarea și proiectarea tranzistorului cu inducție statică, elaborată de autori în lucrări anterioare [1], [2]. Compararea performanțelor electrice cu cele ale altor tranzistoare similare este dificilă datorită absenței unor foi de catalog explicite și uneori asimilării de către fabricanți — ba chiar confuziei [2] — cu tranzistoarele cu efect de câmp verticale.

* Institutul Politehnic — București.

** Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Componente Electronice — București.

- [3] I. Bătrana, Microelectronica — tehnologia fiabilizării și miniaturizării echipamentelor electronice, Revista economică, dec., 1984.
- [4] I. Bătrana, Tehnologiile informatice în procesul modernizării structurale, Revista economică, iulie 1988.
- [5] J. Nishizawa, The Transistor: A Look Back and A Look Ahead, SST, dec. 1987.
- [6] J. D. Meinde, Opportunities for Gigascale Integration SST, dec. 1987.
- [7] J. A. Armstrong, Solid State Technology And The Computer: 40 Years Later, Small is still Beautiful, SST, dec. 1987.
- [8] I. M. Ross, Chance Favors The Prepared Mind, SST, dec. 1987.
- [9] F. Brădău, Prognoza de dezvoltare privind componentele electronice pe perioada 1986–2010, CCSIT-CE, 1988.
- [10] I. Bătrana, După 25 de ani de acumulări tehnologice, o mobilizare spre obiectivele revoluției electronizării, Beta, 1987.
- [11] F. Brădău, Raport de sinteză privind programul special de componente electronice, CCSIT-CE, 1988.
- [12] I. Bătrana, Asigurarea utilajelor tehnologice, CCSIT-CE, 1988.
- [13] I. Bătrana, Probleme fundamentale ale dezvoltării industriei de componente electronice din România în perioada 1990–2020, CCSIT-CE, 1988.
- [14] G. Grădinaru, Supercomponente pentru microunde — o realitate în electronica românească, CCSIT-CE, 1987.
- [15] M. Drăgănescu, Microelectronica și informatica — fermenți ai progresului (cuvint înainte la „Microelectronica și societatea”), Editura Politică, Buc., 1985.
- [16] I. Bătrana, Microelectronica globală, CCSIT-CE, 1987.
- [17] D. Olteanu, Tendințe actuale în dezvoltarea microelectronicii, Buletin Informatic CCSIT-CE, aug. 1988.

TRANZISTOARE CU INDUCȚIE STATICĂ
FACTOR DE BLOCARE STATIC
CANAL INTRINSEC

1. Date constructive și tehnologia de fabricație

Celula elementară a tranzistorului cu inducție statică este prezentată în figura 1. Datele constructive au rezultat din două cerințe de natură electrică: tensiunea de străpungere $V_{(BR)DS} > 150$ V și factor de amplificare $\mu = 10 \dots 20$ precum și dintr-o limitare tehnologică: rezoluția de 3 μm . Aceste date sînt:

- semilățimea canalului $a = 5,5 \mu\text{m}$;
- semilățimea dintelui de poartă $b = 7 \mu\text{m}$;
- semilățimea dintelui de sursă $c = 2,5 \mu\text{m}$;
- lungimea canalului intrinsec $L = 7 \mu\text{m}$;
- lungimea canalului extrinsec $d = 33 \mu\text{m}$.

Conform acestor date, lățimea unei secțiuni elementare (pasul tranzistorului) este $L_p = 25 \mu\text{m}$.

Procesul tehnologic pleacă de la un substrat n^+ (dopat cu stibiu) cu rezistivitatea $0,02 \Omega\text{cm}$, peste care se crește un strat epitaxial n (dopat, cu fosfor) cu rezistivitatea de $15 \Omega\text{cm}$ și grosimea 40 μm . Urmează un proces de oxidare

pentru realizarea oxidului de mascare, cu grosimea de 8000 Å. După deschiderea ferestrelor în oxid, se face difuzia de bor (p) cu o adâncime $x_j = 7 \mu\text{m}$ și o concentrație la suprafață $C_s = 5 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$. Urmează un proces fotolitografic pentru deschiderea ferestrelor de sursă și procesul de predifuzie a sursei (n^+ — fosfor). Metalizarea de suprafață se face cu aluminiu. Lipirea chip-ului pe ambaza capsulei (F22) se face cu pastă de argint.

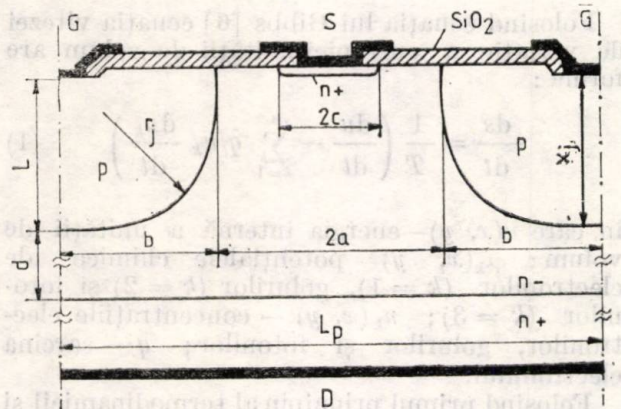


Fig. 1. Secțiune prin celula elementară.

Masca de metalizare s-a realizat în două variante: **A**: cu extinderea metalizării de poartă a secțiunilor elementare terminale peste oxid, pentru creșterea tensiunii de străpungere poartă-drenă și **B**: fără această extindere, dar cu o minimizare a capacităților structurii.

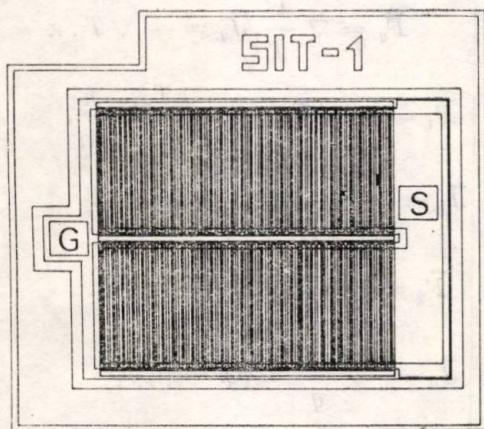


Fig. 2. Geometria superficială.

Chip-ul are forma pătrată cu latura de 1,3 mm. Organizarea geometriei superficiale se vede în figura 2. Tranzistorul are 60 secțiuni elementare, fiecare cu grosimea canalului $W = 336 \mu\text{m}$ (distanța măsurată de-a lungul unui dinte de sursă); deci, o grosime totală $W_t \approx 2 \text{ cm}$. Aceasta corespunde, conform estimărilor din lucrarea [2] unui curent maxim de 200 mA.

2. Parametrii electricei

Foia de catalog preliminară a dispozitivului cuprinde datele:

- tensiune de străpungere poartă-drenă: $V_{(BR)GDO} > 150 \text{ V}$ la $I_D = 1 \text{ mA}$ (sursa în gol);
- tensiunea de străpungere poartă-sursă: $V_{(BR)GSO} > 30 \text{ V}$ la $I_S = 0,1 \text{ mA}$ (drena în gol);
- curent static de drenă $I_D \leq 200 \text{ mA}$;
- factor de blocare static: $G > 10$ la $I_D = 5 \text{ mA}$;
- puterea disipată maximă $P_D = 5 \text{ W}$ (capsula F22).

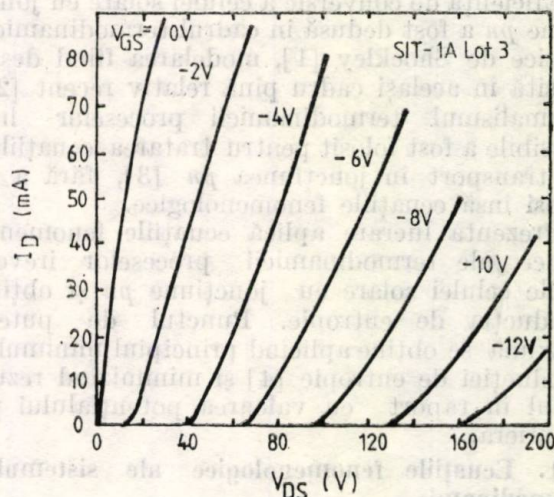


Fig. 3. Caracteristicile statice de ieșire.

Caracteristicile statice $I_D(V_{DS}, V_{GS})$ sînt prezentate în figura 3. Parametrii dinamici de semnal mic, determinați pentru punctul static de funcționare: $V_{DSO} = 100 \text{ V}$ și $V_{GSO} = -6 \text{ V}$ ($I_{DO} \approx 30 \text{ mA}$) au valorile tipice: $\mu = 15$; $S = 10 \text{ mA/V}$; $R_t = 10 \text{ k}\Omega$ ($\mu = SR_t$). Din punct de vedere al comportării cu frecvența s-a determinat frecvența superioară (f_s) în montaj de amplificator de bandă largă cu sarcină rezistivă $R = 1 \text{ k}\Omega$ la o putere utilă de 2 W ; valoarea tipică obținută este $f_s = 200 \text{ MHz}$.

3. Concluzii

Lucrarea prezintă datele constructive și tehnologia de fabricație a unui tranzistor cu inducție statică de putere medie. Performanțele electrice rezultă din optimizarea constructivă în condițiile unei tehnologii planare cu rezoluția de $3 \mu\text{m}$. Capabilitatea de curent/tensiune se înscrie tipic în limitele $200 \text{ mA}/150 \text{ V}$. Principalul domeniu de aplicație îl constituie amplificarea de bandă largă pînă la 200 MHz .

Bibliografie

- [1] A. Rusu, Solid-State Electronics, 30, p. 1227 (1987)
- [2] A. Rusu, C. Postolache, Lucrările CAS, ediția a 10-a p. 281 (1987).

CZ 621.362:621.38

TERMODINAMICA PROCESELOR IREVERSIBILE
CELULA SOLARĂ
PRODUȚIE DE ENTROPIE

O nouă aplicație a termodinamicii proceselor ireversibile: determinarea punctului de putere maximă al celulei solare cu joncțiune PN

FLORIN CĂLDĂRARU, MIRA CĂLDĂRARU, DAN NICOLAESCU, ȘTEFAN VASILE* — BUCUREȘTI

Introducere

Eficiența de conversie a celulei solare cu joncțiune pn a fost dedusă în cadrul termodinamicii clasice de Shockley [1], modelarea fiind desăvârșită în același cadru pînă relativ recent [2]. Formalismul termodinamicii proceselor ireversibile a fost folosit pentru tratarea ecuațiilor de transport în joncțiunea pn [3], fără a se folosi însă ecuațiile fenomenologice.

Prezenta lucrare aplică ecuațiile fenomenologice ale termodinamicii proceselor ireversibile celulei solare cu joncțiune pn și obține producția de entropie. Punctul de putere maximă se obține aplicînd principiul minimului producției de entropie [4] și minimizînd rezultatul în raport cu valoarea potențialului pe frontieră.

1. Ecuațiile fenomenologice ale sistemului termodinamic

Considerăm o celulă solară cu joncțiune pn iluminată normal și uniform cu un flux Φ_0 de radiație luminoasă monocromatică de frec-

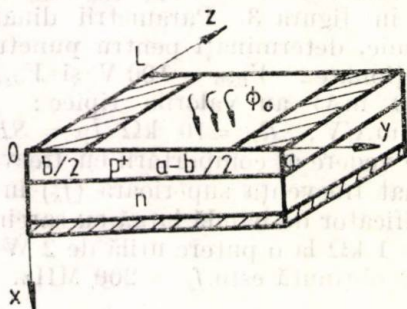


Fig. 1. Celulă unitară bidimensională.

vență ν și care debitează pe o rezistență de sarcină R_L . Celula unitară din figura 1 este tratată în lucrarea [5]. Sistemul termodinamic considerat este format din electroni și golurile din semiconductor precum și din fluxul de fotoni care generează perechi electron-gol. Sistemul termodinamic este mărginit de suprafața celulei solare și are drept condiționări exterioare valorile pe frontieră ale fluxului radiației luminoase Φ_0 , potențialul pe metalizare V_L , temperatura mediului ambiant T_a și coeficientul de absorbție α în siliciu al radiației monocromatică de frecvență ν .

* Centrul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Componente Electronice — București.

Folosind ecuația lui Gibbs [6] ecuația vitezei de variație a entropiei unității de volum are forma :

$$\frac{ds}{dt} = \frac{1}{T} \left(\frac{du}{dt} - \sum_{k=1}^n q/u_k \frac{dn_k}{dt} \right) \quad (1)$$

în care $u(x, y)$ — energia internă a unității de volum; $\mu_k(x, y)$ — potențialele chimice ale electronilor ($k=1$), golurilor ($k=2$) și fotonilor ($k=3$); $n_k(x, y)$ — concentrațiile electronilor, golurilor și fotonilor; q — sarcina electronului.

Folosind primul principiu al termodinamicii și ecuațiile de continuitate pentru concentrații, obținem expresia producției de entropie a unității de volum pentru joncțiunea pn iluminată :

$$\frac{ds_i}{dt} = \vec{J}_q \nabla \frac{1}{T} + \frac{1}{T} \rho \vec{J}^2 + \sum_{k=1}^3 \left[\frac{\vec{F}_k}{T} - \nabla \left(q \frac{\mu_k}{T} \right) \right] \vec{J}_k \quad (2)$$

unde $\vec{F}_q = \nabla \frac{1}{T}$, $\vec{J}_q = - \nabla T \cdot x$

$$\vec{F}_1 = -q\Delta V, \mu_1 = \frac{kT}{q} \ln \frac{n}{n_i},$$

$$\vec{J}_1 = -\frac{kT}{q} \mu_n \nabla n - \mu_n n \nabla V \quad (3)$$

$$\vec{F}_2 = q\Delta V, \mu_2 = \frac{kT}{q} \ln \frac{p}{n_i},$$

$$\vec{J}_2 = -\frac{kT}{q} \mu_p \nabla p + \mu_p p \nabla V \quad (4)$$

$$\vec{F}_3 = \frac{h\nu\Phi_0\alpha n_{si}}{c} \nabla e^{-\alpha x},$$

$$\mu_3 = \frac{kT}{q} \ln \frac{n}{n_i} + \frac{kT}{q} \ln \frac{p}{n_i},$$

$$J_3 = \frac{\Phi_0}{\alpha} \nabla e^{-\alpha x}, \quad (5)$$

cu k — constanta lui Boltzman; μ_n, μ_p — mobilitățile electronilor, respectiv golurilor; h — cons-

tanta lui Planck; c — viteza lumii în vid; n_{si} — indicele de refracție al radiației de frecvență ν în siliciu; α — conductibilitatea termică. Putem scrie acum producția de entropie a unității de volum a joncțiunii pn iluminate folosind ecuațiile fenomenologie ale lui Onsager [7]:

$$\frac{ds_i}{dt} = \sum_{k=1}^3 \bar{J}_k \bar{X}_k = \sum_{j,k=1}^3 L_{jk} \bar{X}_k \bar{X}_j \quad (6)$$

unde forțele generalizate sînt

$$\begin{aligned} \bar{X}_1 &= \nabla \frac{1}{T}, \quad \bar{X}_2 = \frac{kT \nabla n_i}{T}, \\ \bar{X}_3 &= \frac{h\nu \Phi_0 \alpha n_{si}}{Tc} \Delta e^{-\alpha x} \end{aligned} \quad (7)$$

iar fluxurile generalizate corespunzătoare acestor forțe,

$$\begin{aligned} \bar{J}_1 &= x T^2 \bar{X}_1 \\ \bar{J}_2 &= \left[T n_i \left[\frac{1}{q} \left(\frac{\mu_n}{n} + \frac{\mu_p}{p} \right) - (\mu_n - \mu_p)^2 \rho \right] \right] \bar{X}_2 - \\ &\quad - \frac{1}{2n_{si}} \frac{c T n_i}{h\nu \alpha^2} \frac{n+p}{np} \bar{X}_3 \\ \bar{J}_3 &= - \frac{1}{2n_{si}} \frac{c T n_i}{h\nu \alpha^2} \frac{n+p}{np} \bar{X}_2 + \frac{Tc}{h\nu \alpha^2 n_{si}} \bar{X}_3. \end{aligned}$$

Se verifică ușor că coeficienții fenomenologici L_{jk} respectă atît relația de simetrie, cît și celelalte relații impuse de Onsager.

2. Determinarea punctului de putere maximă

Deoarece celula solară cu joncțiune pn funcționează în regim staționar, producția de entropie are o valoare minimă [4]:

$$\frac{dS_i}{dt} = \int_V \sum_{j,k=1}^3 L_{jk} \bar{X}_k \bar{X}_j dv = f(V_L, \Phi_0, \alpha, T_a, p_m) \quad (9)$$

unde p_m sînt parametrii de material (x_j , x_e , dopajele din bază și din emitor). Minimizînd funcția f după V_L se determină:

$$\exp \frac{qV_{j \max}}{kT} - 1 = g(\Phi_0, \alpha, T_a, p_m). \quad (10)$$

Folosind caracteristica I—V bidimensională [5].

$$I_{\max} = q a L (1 - \gamma) N_1 O_0 - N_2 g(O_0, \alpha, T_a, p_m) \quad (11)$$

$$\begin{aligned} V_{\max} &= \frac{kT}{q} \ln [1 + g(O_0, \alpha, T_a, p_m)] + \\ &\quad + M_2(\rho_p, \rho_n, x_j, x_e) \Phi_0, \end{aligned} \quad (12)$$

unde ρ_p , ρ_n sînt rezistivitățile medii ale emitorului, respectiv, bazei, iar coeficienții N_1 , N_2 și M_2 sînt cei din [5].

În figura 2 este dată comparația între puterea maximă calculată cu relațiile (11), (12) și cea măsurată pentru fotocelula ROL 50. Se observă

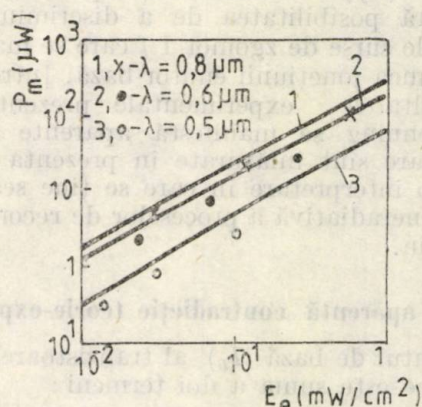


Fig. 2. Puterea maximă debitată.

că măsurătorile sînt în bună concordanță cu modelul dezvoltat atît ca formă a dependenței de nivelul de iluminare E_e , cît și ca valori absolute.

3. Concluzii

Folosind ecuațiile fenomenologice liniare sînt scrise producția de entropie a joncțiunii pn și a joncțiunii pn iluminate. Punctul de putere maximă este determinat aplicînd principiul minimului producției de entropie și realizînd minimizarea după valoarea pe frontieră a potențialului. Este descrisă astfel metoda termodinamică de tratare a joncțiunii pn și este furnizată o expresie a punctului de putere maximă al celulei solare mai ușor abordabilă din punct de vedere al interpretării fizice.

Bibliografie

- [1] W. Schockley, J. Appl. Phys., **32**, 510 (1961).
- [2] A. de Vos, H. Ponwells, Appl. Phys., **25**, 119 (1981).
- [3] J. E. Perrot, J. Appl. Phys., **53**, 12, 9105 (1982).
- [4] I. Gyarmaty — Non — Equilibrium Thermodynamics, Field Theory and Variational Principles, Springer-Verlag, Berlin, 1970.
- [5] Fl. Căldăraru et al., Lucrările CAS, 1988.
- [6] K. Guiminski — Termodinamica proceselor ireversibile, Ed. Academiei R.P.R., București, 1984.
- [7] L. Onsager, Phys. Rev., **37**, 4, 405 (1931).

CZ 621.313 :620.9

ZGOMOT „FLICKER”
RECOMBINARE NERADIATIVĂ
FONON

Surse neradiative de zgomot „flicker”, în tranzistorul bipolar

MIHAI MIHĂILĂ* — BUCUREȘTI

Introducere

Bazându-se pe conceptul de fluctuație a mobilității purtătorilor de sarcină, Kleinpenning a elaborat o teorie a zgomotului „flicker” ($1/f$) în tranzistorul bipolar [1]. Teoria oferă posibilitatea de a discrimina între diferitele surse de zgomot $1/f$ care se manifestă în regiunea joncțiunii emitor-bază. Între teorie și rezultatele experimentale prezentate de Kleinpenning se manifestă aparente contradicții care sînt înlăturate în prezenta lucrare printr-o interpretare în care se ține seama de natura neradiativă a proceselor de recombinare în siliciu.

1. O aparentă contradicție teorie-experiment

Curentul de bază (I_B) al tranzistoarelor npn moderne este suma a doi termeni:

$$I_B = I'_B + I''_B = I'_{BO} \exp(qV_{BE}/kT) + I''_{BO} \exp(qV_{BE}/mkT). \quad (1)$$

Primul termen (I'_B) este datorat componentei de difuzie a gurilor din bază în emitor, iar al doilea termen (I''_B) reprezintă curentul de generare-recombinare ($g-r$) în regiunea de sarcină spațială.

Conform teoriei lui Kleinpenning [1], densitatea spectrală totală de zgomot $1/f$ a curentului de bază este:

$$S_{IB} = S'_{IB} + S''_{IB} \quad (2)$$

în care $S'_{IB} \sim \exp(qV_{BE}/kT)$, iar $S''_{IB} \sim \exp(qV_{BE}/2kT)$, pentru $m=2$ (valoare uzuală). Rezultă că din măsurători $S_{IB} - V_{BE}$ putem determina care din cele două componente de curent constituie sursa principală de zgomot $1/f$ în tranzistor.

Pentru tranzistoare npn de microunde, Kleinpenning găsește experimental o dependență de forma $S_{IB} \sim \exp(qV_{BE}/kT)$ chiar și în zona în care componenta dominantă de curent este cea de recombinare. Concluzia imediată este că difuzia gurilor este principala sursă de fluctuații cu spectru $1/f$ în curentul de bază.

Sintem din nou în situația, de altfel semnalată anterior [2], de a admite că în tranzistorul bipolar sursa dominantă de curent nu constituie întotdeauna sursa principală de zgomot $1/f$.

2. Surse de fluctuație a mobilității

Curentul de bază (goluri, în cazul nostru) este generat fie de tranziții ale purtătorilor pe nivele adinci (generare-recombinare în regiunea de sarcină spațială), fie de tranziții bandă-bandă ale purtătorilor care difuzează din bază în emitor. Procesele de generare-recombinare ($g-r$) în regiunea de sarcină spațială (la suprafață sau în volum) provoacă fluctuații ale numărului de purtători avînd ca spectru o lorentziană (f^{-2}). Configurația structurii de benzi a siliciului cere ca pentru conservarea momentului atît procesele $g-r$ pe nivel adinc cît și tranzițiile bandă-bandă să fie asistate fononic. În acest fel, ambele procese pot constitui, în principiu, surse de fluctuație a mobilității. Care sînt șansele ca spectrul acestor fluctuații să fie de tip $1/f$? Procesele de recombinare pe nivel adinc presupun o tranziție verticală (cu emisie de fotoni) după care are loc captura de gol. Acest ultim proces poate avea loc cu participarea unor fononi de energie mai joasă (probabil, ramuri acustice transversale), a căror viteză de grup ($d\omega/dk$), corespunzătoare vectorului de undă la care este plasat minimul benzii de conducție este zero. Acești fononi au deci un caracter nedispersiv și, conform modelului Planat [4], nu constituie o sursă de zgomot $1/f$.

La nivele mari de dopare a lemitorului, îngustarea benzii interzise favorizează nu numai injecția de minoritari dar și recombinarea acestora prin tranziții bandă-bandă [5]. Acesta este un proces la care participă fononi de energie mare (în general, fononi optici) care au un caracter dispersiv și deci generează zgomot $1/f$. În acest fel, recombinarea bandă-bandă cu participare fononică a purtătorilor care difuzează din bază în emitor constituie principala sursă neradiativă de zgomot $1/f$, chiar și atunci cînd recombinarea în regiunea de sarcină spațială este sursa principală de curent. Măsurători realizate de noi pe tranzistoarele lui Kleinpenning au pus în evidență existența unei structuri fine (indicată prin săgeți în fig. 1) în densitatea spectrală de zgomot a curentului de bază. Prin analogie cu rezultatele raportate recent [6], structura observată este atribuită fononilor. Acest rezultat confirmă doar ipoteza participării fononilor la fluctuații, celelalte ipoteze făcute rămînînd deschise.

*Centrul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Componente Electronice — București.

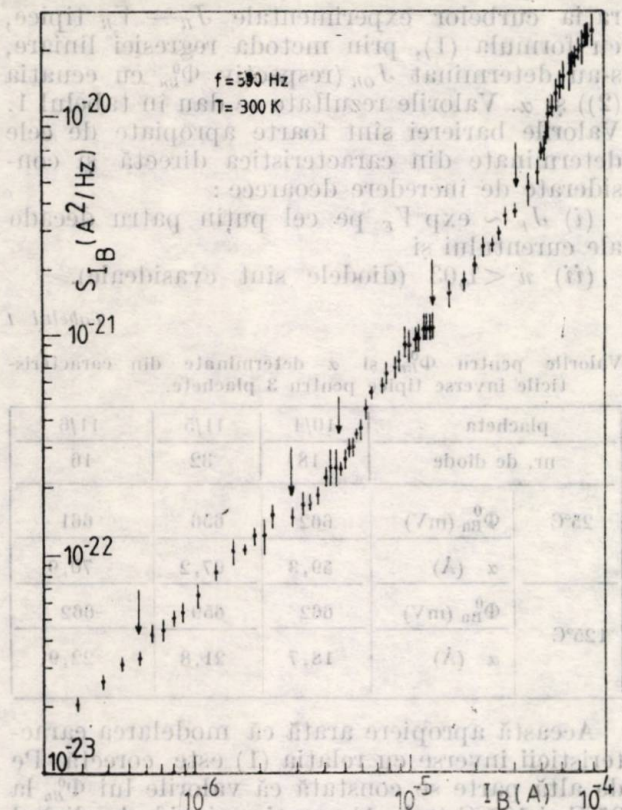


Fig. 1 Structură (indicată prin săgeți) în densitatea spectrală de zgomot (S_{IB}) a curentului de bază (tranzistor n/n de microunde).

CZ 669.7:621.385

3 Concluzii

Rezultatele lui Kleinpenning nu pot fi înțelese decât dacă se recurge la natura nera-diativă a proceselor de recombinare în siliciu. Caracterul dispersiv sau nedispersiv al fononilor care asistă aceste procese dictează care din mecanismele de recombinare acționează ca sursă de zgomot „flicker” în tranzistorul bipolar.

Notă

Măsurători recente (22 iulie 1988) arată că în jurul punctelor de singularitate (atribuite fononilor) transportul purtătorilor este asigurat de procese de difuzie, rezultat care confirmă ipotezele făcute în lucrare.

Bibliografie

- [1] T. G. M. Kleinpenning, Physica 138 B, p. 244, 1986
- [2] M. Mihăilă, Phys. Lett. 104 A, p. 157, 1984.
- [3] J. M. Ziman. Principles of the Theory of Solids, Cambridge University Press, 1969.
- [4] M. Planat. În „Noise in Physical Systems” (C. M. van Vliet, editor). World Scientific, p. 355, 1987.
- [5] W. Schmid. Solid-State Electron. 21, p. 1285, 1978.
- [6] M. Mihăilă. În „Noise in Physical Systems” (C. M. van Vliet, editor). World Scientific, p. 343, 1987.

SILICIURĂ METALICĂ
STĂRI DE INTERFAȚĂ
STRAT DE TRANZIȚIE

Influența interfeței asupra caracteristicilor electrice la diodele Schottky, realizate cu siliciuri

GHEORGHE BREZEAN*, PETRU ALEXANDRU DAN**

Introducere

Diodele Schottky realizate cu siliciuri prezintă o realitate a ultimului deceniu [1]. Siliciurile au comportare metalică și constituie electrodul anodic efectiv al diodei. În timpul formării siliciurii apare tendința de „extragere” a impurităților spre exterior astfel încât contactul siliciură/Si este intim [1]. Cu siliciuri s-au obținut cele mai reproductibile diode Schottky.

În prezenta lucrare se propune un nou model pentru interfața siliciură metalică-semiconduc-

tor în stare să explice alura caracteristicilor electrice. Modelul are o valabilitate mai generală fiind aplicabil și pentru diodele din GaAs contactate cu metale nereactive cu acest semiconductor compus.

1 Date experimentale

S-au măsurat caracteristici electrice pe circa 100 diode Schottky CrSi₂/Si-n selectate de pe 3 plachete. Figura 1 prezintă caracteristici inverse (tipice pentru placheta 11/6) măsurate la 25°C și 125°C. S-a preferat reprezentarea $\lg J_R - \sqrt{V_R + V_a}$ (V_a — potențialul de difuzie) ce evidențiază clar modul de variație al densității de curent cu tensiunea inversă care

* Institutul Politehnic — București

** Întreprinderea de Piese Radio și Semiconductori — Băneasa.

respectă legea

$$J_R = J_{OR} \exp\left(\frac{\alpha |E_s|}{V_t}\right) \quad (1)$$

$$J_{OR} = A_n T^2 \exp\left(-\frac{\Phi_{Bn}^0}{V_t}\right), \quad V_t = \frac{kT}{q} \quad (2)$$

unde s-au folosit notațiile standard. Relația (1) presupune o dependență liniară a barierei efective de cimpul electric de la interfață,

$$\Phi_{Bn} = \Phi_{Bn}^0 - \alpha |E_s| \quad (3)$$

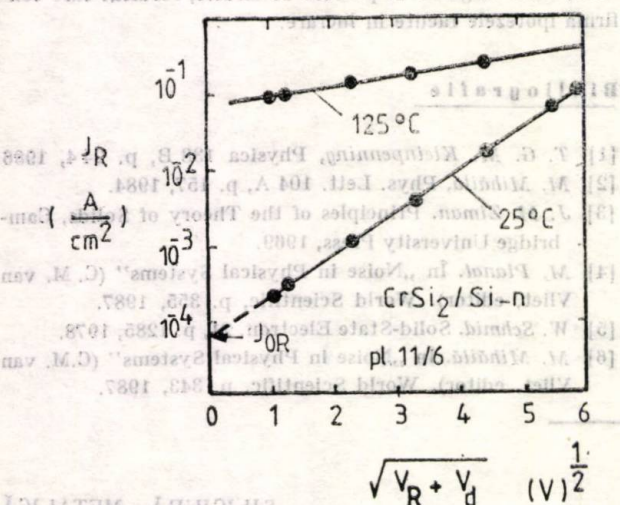


Fig. 1. Caracteristici inverse tipice pentru diode CrSi₂/Si-n măsurate la 25°C și 125°C.

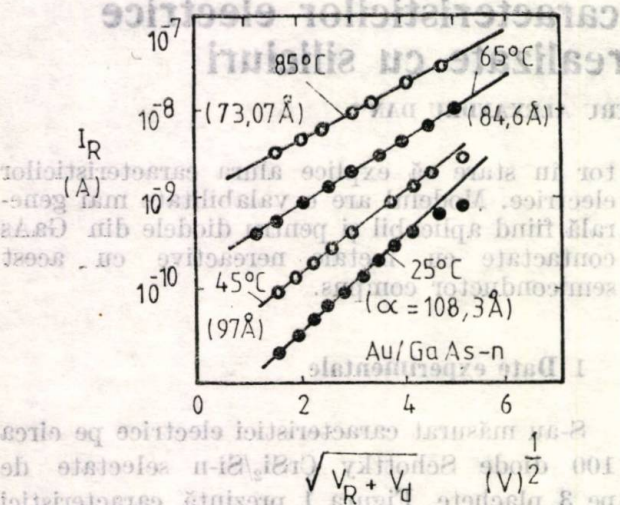


Fig. 2. Caracteristici inverse măsurate la 4 temperaturi pe diode Au/GaAs-n.

dependență specifică contactelor Schottky realizate de siliciuri. Parametrul α caracterizează cantitativ proprietățile interfeței. Din compa-

rația curbelor experimentale $J_R = V_R$ tipice, cu formula (1), prin metoda regresiei liniare, s-au determinat J_{OR} (respectiv Φ_{Bn}^0 cu ecuația (2)) și α . Valorile rezultate se dau în tabelul 1. Valorile barierei sînt foarte apropiate de cele determinate din caracteristica directă și considerate de încredere deoarece:

(i) $J_F \sim \exp V_F$ pe cel puțin patru decade ale curentului și

(ii) $n < 1,03$ (diodele sînt cvasideale).

Tabelul 1

Valorile pentru Φ_{Bn}^0 și α determinate din caracteristicile inverse tipice pentru 3 plachete.

placheta		10/4	11/5	11/6
nr. de diode		18	32	16
25°C	Φ_{Bn}^0 (mV)	662	656	661
	α (Å)	59,3	67,2	70,9
125°C	Φ_{Bn}^0 (mV)	662	659	662
	α (Å)	18,7	21,8	22,9

Această apropiere arată că modelarea caracteristicii inverse cu relația (1) este corectă. Pe de altă parte se constată că valorile lui Φ_{Bn}^0 la 25°C și 125°C (tab. 1) practic coincid. Analizînd valorile lui α (tab. 1) se cuvin cîteva remarci cu caracter de noutate: (i) scăderea spectaculoasă cu temperatura; (ii) valorile relativ mari la 25°C. Remarcile anterioare sînt valabile și pentru diode Au/GaAs-n [2] (fig. 2). Valorile pentru α , în acest caz determinate la 4 temperaturi, sînt indicate în figura 2.

2. Un nou model al interfeței

Modelul ce se propune, mai complet decît altele similare din literatură, ia în considerare [1] (fig. 3): (i) ecranarea electrostatică în metal cu adîncimea de penetrare λ și căderea de tensiune $\Delta\Phi_m$; (ii) stările de la interfață N_{ss} pentru care se consideră o distribuție dependentă de temperatură.

$$N_{ss} = N_{ss0} \exp\left(-\frac{\Delta\Phi_{ss}}{V_t}\right),$$

$$\Phi_{ss} = -\frac{q}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{N_{ss} dE}{1 + \exp\left(\frac{E - E_F}{kT}\right)} \quad (4)$$

unde Φ_{ss} este sarcina din stările de interfață (fig. 3); (iii) stratul de tranziție de grosime d (regiune interfazică amorfă și metastabilă avînd comportarea unei membrane sticloase) cu proprietăți (structură energetică, permitivitate) ce evoluează gradat de la cele ale metalului la ale semiconductorului. De exemplu pentru ϵ se presupune o variație liniară de la ϵ_m la ϵ_s în stratul de tranziție.

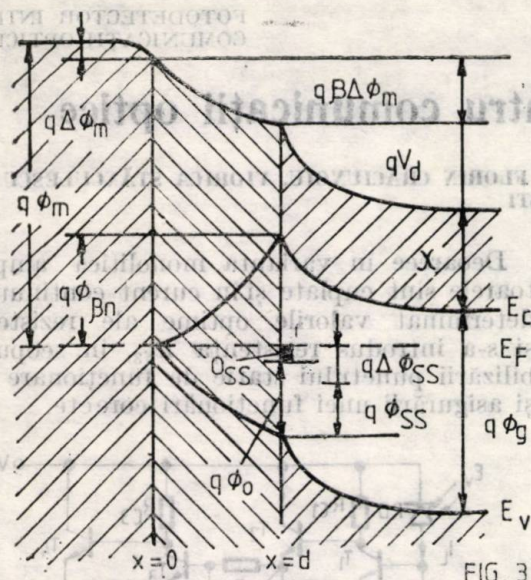


Fig. 3. Diagrama energetică, la echilibru termic, a sistemului metal/strat de tranziție/semiconductor.

Înălțimea barierei pentru electronii din metal este (fig. 3):

$$\Phi_{Bn} = \Phi_m - \chi/q - (\beta + 1) \Delta\Phi_m, \quad (5)$$

$$\beta = \frac{d}{\lambda} \left(\frac{\epsilon_s}{\epsilon_m} - 1 \right)^{-1} \ln \frac{\epsilon_s}{\epsilon_m} \quad (6)$$

Aplicând teorema Gauss la $x = 0$ și respectiv $x = d$ se calculează $\Delta\Phi_m$; relația (5) devine de formă (3) unde;

$$\Phi_{Bn}^0 = (1 - \gamma)(\Phi_0 - \Phi_m - V_t \ln 2) + \gamma(\Phi_m - \chi/q), \quad (7)$$

$$\alpha = \frac{\epsilon_s}{\epsilon_m} \lambda \gamma (1 + \beta), \quad \gamma^{-1} = 1 + \frac{\lambda}{\epsilon_m} (1 + \beta) q^2 N_{SS0} \exp \left(- \frac{\Delta\Phi_{SS}}{V_t} \right) \quad (8)$$

3 Comparații teorie-experiment. Concluzii

Folosind valorile experimentale pentru Φ_{Bn}^0 și α (tab. 1) și relațiile (5)–(7), cu un algoritm special de minimizare, s-au determinat parametrii Φ_0 , d , N_{SS0} și $\Delta\Phi_{SS}$ pentru diodele CrSi₂/Si-n. S-a ținut cont de dependența de temperatură a lui Φ_0 . Cu excepția lui d , parametrii evaluați nu diferă de la o plachetă la alta. Valorile pentru Φ_0 (în concordanță cu datele din literatură) și $\Delta\Phi_{SS}$ confirmă diagrama din figura 3 ce a stat la baza modelului teoretic. Pentru diodele

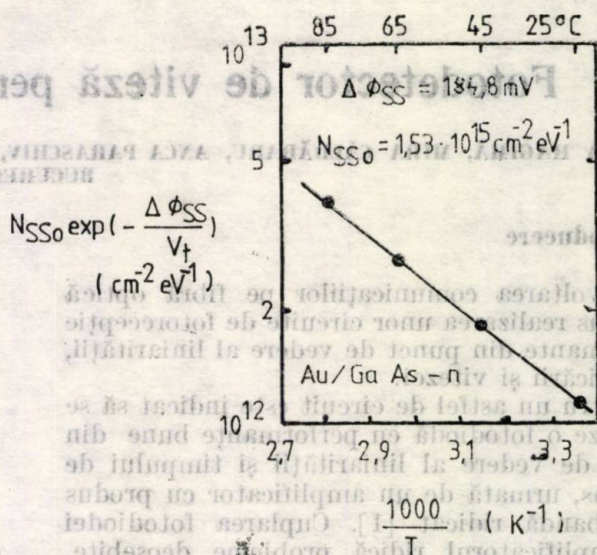


Fig. 4. Dependența de temperatură a stărilor de suprafață caracteristică diodelor Au/GaAs-n.

Au/GaAs-n, cu valorile pentru α din figura 2 și algoritmul de minimizare, s-au determinat d , N_{SS0} și $\Delta\Phi_{SS}$.

Tabelul 2

Valorile parametrilor Φ_0 , d , N_{SS0} și $\Delta\Phi_{SS}$ pentru diodele CrSi₂/Si-n deduse din comparația datelor experimentale din tabelul 1 cu relațiile teoretice (7) și (8).

placheta	10/5	11/5	11/6
Φ_0 (mV)	398	400	398
d (Å)	53,9	55,3	63
N_{SS0} (cm ⁻² eV ⁻¹)	$2,83 \cdot 10^{15}$	$2,55 \cdot 10^{15}$	$2,22 \cdot 10^{15}$
$\Delta\Phi_{SS}$ (V)	155,3	155,7	154

Pentru grosimea stratului de tranziție s-a obținut valoarea de 50 Å. Valorile determinate pentru N_{SS0} și $\Delta\Phi_{SS}$ au permis trasarea diagramei din figura 4, care reprezintă o confirmare în plus a modelului propus pentru interfață. În încheiere trebuie remarcat că modelul interfeței propus în referința [2] nu a putut explica datele experimentale din lucrare (reproduse într-o altă reprezentare în fig. 2). Autorii lucrării deși au intuit o posibilă dependență de temperatură a densității stărilor de suprafață nu au inclus-o în modelul teoretic.

Bibliografie

- [1] P. A. Dan. Teză de doctorat, București, 1988.
- [2] J. M. Borrego ș.a., Solid St. Electron., 20, p. 125, 1977.
- [3] C. Barret ș.a., Solid St. Electron., 19, p. 73, 1976.

CZ 654.535.2

FOTODETECTOR INTEGRAT
COMUNICAȚII OPTICE

Fotodetector de viteză pentru comunicații optice

DANA HAGIMĂ, MIRA CĂLDĂRARU, ANCA PARASCHIV, FLORIN CRĂCIUNOIU, VIORICA STĂNCULESCU —
BUCUREȘTI

Introducere

Dezvoltarea comunicațiilor pe fibră optică a impus realizarea unor circuite de fotorecepție performante din punct de vedere al liniarității, amplificării și vitezei.

Pentru un astfel de circuit este indicat să se utilizeze o fotodiodă cu performanțe bune din punct de vedere al liniarității și timpului de răspuns, urmată de un amplificator cu produs câștig-bandă ridicat [1]. Cuplarea fotodiodei cu amplificatorul ridică probleme deosebite, deoarece fotodioda funcționează ca o sursă de curent, are sensibilitate optică redusă ($I_L < 10 \text{ nA/lx}$) și capacitate mare, $C_{PD} \geq 20 \text{ pF}$. Din studiile efectuate a rezultat că amplificatorul trebuie să fie de tip transimpedanță, cu câștig mare, $A_v \geq 10 \text{ k}\Omega$, cu reacție de tip paralel la intrare pentru scăderea impedanței de intrare și creșterea benzii de frecvență.

Pentru utilizarea într-un modul de recepție s-a proiectat [2] și realizat un circuit fotodetector de viteză și responsivitate ridicate. Circuitul integrează pe același cip fotodioda și amplificatorul, simplificând astfel tehnologia de încapsulare și eliminând capacitățile parazite care apar la varianta hibridă.

Lucrarea prezintă realizarea și performanțele circuitului proiectat, evidențiind modul de rezolvare a problemelor apărute datorită integrării pe același cip a unui dispozitiv optoelectronic cu un amplificator care trebuie să lucreze la curenți mici ($I_i \leq 10 \text{ nA}$) și frecvențe ridicate ($B < 10 \text{ MHz}$).

1. Aspecte specifice ale realizării circuitului optoelectronic integrat

Schema aleasă, prezentată în figura 1, a urmărit obținerea unui produs câștig-bandă mare. Capacitatea parazită a fotodiodei, C_{PD} , fiind mai mare decât a tranzistoarelor, timpul de răspuns este dat practic de constanta de timp $(C_{IN} + C_{PD}) \times R_{IN}$ (R_{IN} — rezistența, respectiv capacitatea de intrare a amplificatorului, $R_{IN} \sim R_F$).

De aceea, pentru a crește amplificarea fără a afecta timpul de răspuns, am conectat în cascadă două amplificatoare, evitând creșterea rezistenței R_F .

* Centrul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Componente Electronice — București

Deoarece în varianta monolitică amplificatoarele sînt cuplate și în curent continuu, s-au determinat valorile optime ale rezistențelor și s-a introdus rezistența R_{E3} , în scopul stabilizării punctului static de funcționare (p.s.f) și asigurării unei funcționări corecte.

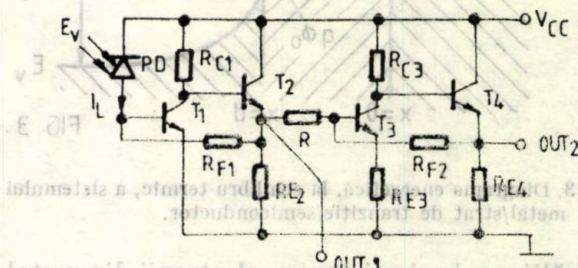


Fig. 1. Schema electrică a fotodetectorului integrat.

Profilul de impurități calculat [2] este diferit de cel utilizat la circuitele integrate și implică rezolvarea unor probleme deosebite:

- obținerea unui strat epitaxial fără defecte cu rezistivitate și grosime relativ ridicate ($\rho_{epi} = 7 \div 10 \Omega \text{ cm}$, $x_{epi} = 12 \div 13 \mu\text{m}$) pentru obținerea unei fotodiode performante (responsivitate $R_{PD} \geq 0,3 \text{ A/W}$ la $\lambda = 0,85 \mu\text{m}$, curent de întinerie $I_D \leq 100 \text{ nA}$, capacitate $C_{PD} \leq 20 \text{ pF}$); s-a obținut $\rho_{epi} = 7 \Omega \text{ cm}$, $x_{epi} = 13 \mu\text{m}$, pe plachete ICPMS;

- realizarea difuziei de puț colector pentru tranzistoarele T_2 și T_4 , a căror rezistență de colector determină punctul static de funcționare și amplificarea; difuzia propriu-zisă, fiind o etapă tehnologică lungă, a fost corelată cu difuzia de izolare, avînd grijă ca după predifuzia de izolare să se obțină un oxid suficient de gros pentru a fi o bună mască pentru fosfor;

- realizarea unei difuzii de bază cu $x_{JB} \leq 2,5 \mu\text{m}$ pentru obținerea unei sensibilități optice ridicate, dar cu R_{QB} de valoare medie ($\approx 170 \Omega/\square$) și foarte bine controlate (valorile rezistențelor fiind critice în determinarea amplificării și timpului de răspuns); s-a obținut $x_{JB} = 2,57 \mu\text{m}$; $V/I = 47 \Omega$;

- realizarea unei difuzii superficiale de emitor ($x_{JE} = 1,8 \div 1,9 \mu\text{m}$) avînd în vedere că $x_{JB} \approx 2,5 \mu\text{m}$ și $w_B \geq 0,6 \mu\text{m}$ (pentru $\beta \leq 100$); s-a obținut $w_B = 0,64 \mu\text{m}$;

- obținerea unui oxid subțire, de calitate, cu grosime bine controlată, cu rol de strat antireflectant pentru radiația cu $\lambda = 0,85 \mu\text{m}$ ($x_{OAR} = 1500 \text{ Å}$); deoarece $x_{OB} = 6000 \text{ Å} =$

$= 4 \times x_{OAR}$, la fotogravura M6 (AR) a fost necesară predeschiderea ferestrelor de contact.

2. Rezultate experimentale

Prin optimizarea parametrilor geometrici și tehnologici, cit și prin pilotarea tehnologică adecvată, s-au obținut parametri optici și electrici în concordanță cu cei proiectați.

S-au măsurat și timpii de răspuns utilizând un IRED—IR cu $t_r < 10$ ns. Formele de undă obținute pe un osciloscop cu $B = 15$ MHz sint date în figura 2. Acestea sint similare cu cele obținute cu un circuit hibrid cu fotodioda PIN și tranzistoare tip CA 3127E [3].

Tabelul

Parametrul	Valoarea proiectată	Valoarea experimentală
1	2	3
1. Fotodioda: $V_{BR}(V)$	≥ 15	$35 \div 40$
$R_{PD}(A/W)/\lambda =$	$\geq 0,3$	$0,4$
$= 0,85 \mu m$	< 100	10
$I_D(nA)$	≥ 15	$35 \div 40$
2. Tranzistor: $V_{CEO}(V)$	100	150
β	170	210
$R_{\square}(\Omega/\square)$		
3. Circuit: $A_{zT}(V_{OUT2}/I_{PD})(k\Omega)$	200	170
$R_T(R_{PD} \times A_{zT})(mV/\mu W)$	60	65
B (MHz)	18	≥ 15

CZ 621.3.032

Comparație între difuziile de Au și de Pt pentru dispozitive semiconductoare rapide de înaltă tensiune și putere

GHEORGHE DINOIU*, EUGEN LAKATOS**, CARMEN LICEANU**, DORU LICEANU**, MARIAN NICULAE**, FLORIN TURȚUȚĂU** — BUCUREȘTI

Introducere

În ultimii ani, pe plan mondial, pentru realizarea diodelor și tiristoarelor rapide se folosesc atit difuziile de Au și de Pt cit și iradierea în flux de electroni. Difuzia de Pt a apărut mai recent ca o alternativă a difuziei de Au, iar iradierea în flux de electroni este cea mai nouă metodă de reducere a duratei de viață. Prin toate cele trei metode se modifică principalii parametri ai diodelor și tiristoarelor de înaltă tensiune și de putere. Se pune problema alegerii celei mai potrivite soluții tehnologice pentru fiecare din cele două categorii de dispozitive:

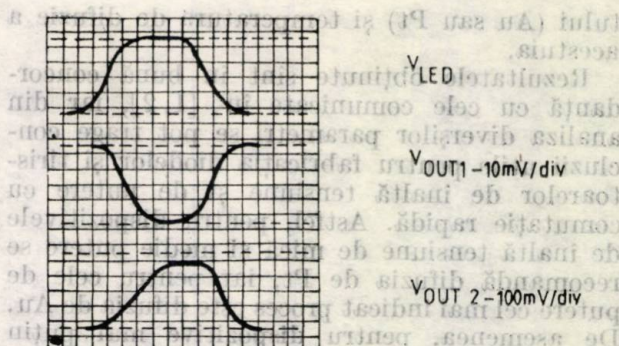


Fig. 2. Răspunsul în frecvență al circuitului. Scara orizontală: 20 ns/div. $B_{osc} = 15$ MHz

3. Concluzii

Prin integrarea unei fotodiode cu un amplificator de transimpedanță s-a obținut un circuit de fotorecepție pentru comunicații optice cu performanțe similare celor realizate pe plan mondial [3], [4] în variantă hibridă.

Bibliografie

- [1] K. Yamashita, ș.a. — IEEE Journal of Solid-State Circuits vol. SC21 (1986), p. 324.
- [2] M. Căldăraru ș.a. — Lucrările CAS 1987, p. 101
- [3] * * * — Optoelectronics Designer's Catalog — HP
- [4] * * * — Optoelectronics Data DBook — Meret

DISPOZITIVE SEMICONDUCTOARE RAPIDE

zitive: a) de înaltă tensiune și respectiv b) de putere. B. J. Baliga [1], considerind un singur nivel dominant pentru dispozitive de putere realizate cu siliciu n , analizează pe baza statisticilor de recombinare principalii parametri: căderea de tensiune în conducție directă și blocarea, și recomandă difuzia de Au ca fiind cea mai potrivită pentru dispozitivele de putere deoarece creșterea tensiunii directe este cea mai redusă în raport cu scăderea timpului de revenire inversă.

În studiul de față se prezintă rezultatele experimentale obținute prin difuziile de Au și de Pt în siliciu n cu rezistivitatea $\rho_n = 35 \div 50 \Omega cm$ și se analizează evoluția timpului de revenire (t_r), a tensiunii directe (V_F), curentului invers (I_R) și a procentului de diode cu străpungere în avalanșă funcție de tipul dopan-

* Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Componente Electronice

** Întreprinderea de Piese Radio și Semiconductoare — Băneasa.

tului (Au sau Pt) și temperatura de difuzie a acestuia.

Rezultatele obținute sînt în bună concordanță cu cele comunicate în [1, 2], iar din analiza diversilor parametri se pot trage concluzii utile pentru fabricația diodelor și tiristoarelor de înaltă tensiune și de putere cu comutație rapidă. Astfel, pentru dispozitivele de înaltă tensiune de mică și medie putere se recomandă difuzia de Pt, iar pentru cele de putere cel mai indicat proces este difuzia de Au. De asemenea, pentru dispozitive mai puțin rapide de putere poate fi utilizată chiar difuzia de Pt, deoarece prezintă curenți reziduali mai mici față de Au, iar tensiunile directe au practic aceeași mărime.

1. Experiment

Au fost efectuate difuzii de Au și de Pt din strat depus chimic pe structuri de diode n^+np , cu anodul realizat prin difuzie de B—Al și catodul prin difuzie de P, în trepte de temperatură de 25°C, în intervalul de 800–925°C.

Măsurarea timpului de revenire inversă s-a făcut în condițiile Kingston: $I_F = 5$ mA, $I_R = 1$ mA și $T_{amb} = 25^\circ\text{C}$ pe structuri n^+np cu profil MESA de arie $2,5 \times 2,5$ mm². Inițial structurile n^+np aveau $t_{ri} = 50$ –80 μs.

2. Rezultate și discuții

Din graficul prezentat în figura 1 rezultă o scădere mai pronunțată a timpului de revenire

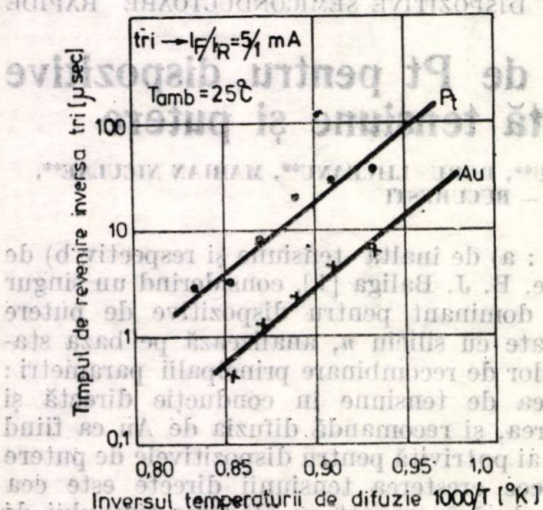


Fig. 1. Dependenta timpului de revenire inversă funcție de temperatura de difuzie a aurului și platinei.

inversă în cazul difuziei de Au față de Pt, valorile diferind cu cea un ordin de mărime.

Din graficul prezentat în figura 2 rezultă o creștere mai pronunțată a curenților reziduali

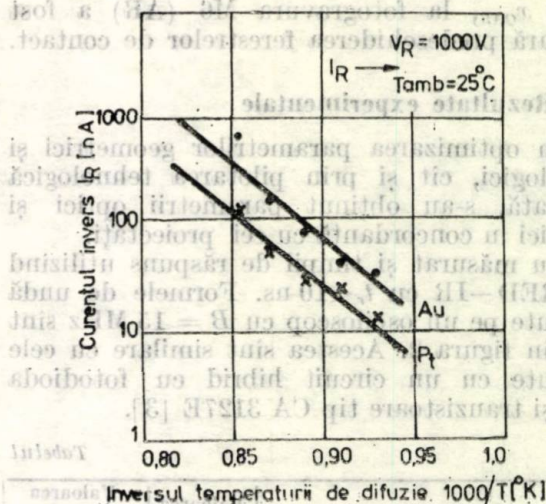


Fig. 2. Dependenta curentului rezidual funcție de temperatura de difuzie a aurului și platinei.

în cazul Au comparativ cu Pt, diferențele între valori fiind aproape de un ordin de mărime.

Din graficul prezentat în figura 3 se observă o creștere mai pronunțată a tensiunii directe pentru difuzia de Pt comparativ cu Au, în special la valori ale $t_{ri} \leq 3$ μs. Acest fapt recomandă utilizarea difuziei de Au la fabricarea dispozitivelor rapide de putere. Se ob-

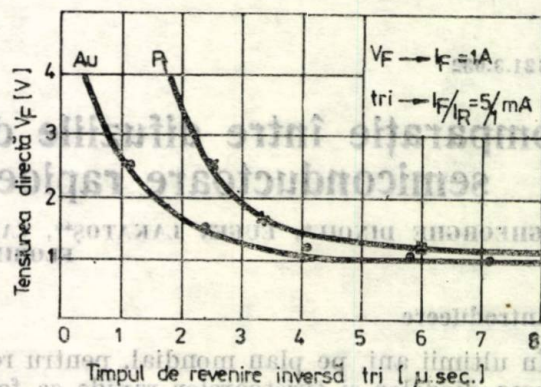


Fig. 3. Dependenta caderii de tensiune în conducție directă funcție de timpul de revenire inversă și difuzantului: Au sau Pt.

servă că pentru $t_{ri} \geq 4$ μs tensiunile directe nu diferă prea mult, fapt ce recomandă în acest caz difuzia de Pt în locul difuziei de Au pentru dispozitivele rapide de putere, deoarece pentru difuzia de Au curenții reziduali sînt mult mai mari.

Din graficul prezentat în figura 4, rezultă că la difuzia de Pt randamentul diodelor cu

avalanșă este mai ridicat comparativ cu difuzia de Au. Aici randamentul este raportul între numărul diodelor cu străpunșare în avalanșă și numărul diodelor bune electric.

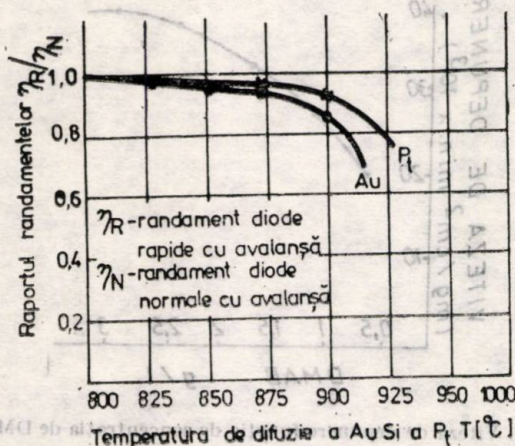


Fig. 4. Dependenta randamentului de diode redresoare cu avalanșă controlată funcție de temperatura de difuzie a aurului și platinei.

Corelind evoluția tuturor parametrilor analizați rezultă că difuzia de Pt este mai bună pentru fabricarea dispozitivelor rapide de înaltă tensiune de mică și medie putere, iar pentru fabricarea dispozitivelor rapide de putere mai potrivită este difuzia de Au. Pentru dispozitive de putere mai puțin rapide, $t_{ri} \geq 4 \mu s$, difuzia de Au poate fi înlocuită cu difuzia de Pt, de-

oarece aceasta prezintă curenți reziduali mai reduși.

3. Concluzii

Rezultatele obținute privind utilizarea difuziilor de Au și de Pt pentru realizarea diodelor și tiristoarelor rapide sînt în bună concordanță cu datele prezentate de [1, 2].

Analiza rezultatelor recomandă difuzia de Pt pentru obținerea dispozitivelor semiconductoare rapide, de mică și medie putere, cum și pentru obținerea dispozitivelor de putere mai puțin rapide.

Difuzia de Au este necesară pentru obținerea diodelor și tiristoarelor rapide de putere, în special atunci cînd se cer valori ale timpilor de revenire inversă scăzute ($t_{ri} < 3 \mu s$).

Graficele prezentate în figurile 1, 2, 3 și 4 vor constitui un bun ghid pentru fabricația de serie a diodelor și tiristoarelor rapide de înaltă tensiune și de putere.

Coloanele redresoare, care includ diode rapide cu avalanșă controlată, vor beneficia de rezultatele acestui studiu, obținîndu-se randamente finale mai ridicate.

Bibliografie

- [1] B. J. Baliga, E. Sun — IEEE Transaction on Electron Devices, Vol. ED-24, Nr. 6, (1977).
- [2] M. S. Adler, V. Temple — Semiconductor devices for power conditioning, Plenum Press, New York, (1982)

CZ 621.3.017 : 669.24

NICHEL CHIMIC DOPAT CU BOR
CONTACTARE STRUCTURI HOMETAXIALE

Studiul contactelor chimice nichel (dopat cu bor) siliciu depuse chimic la tranzistoarele hometaxiale de putere

LILIANA NEDELESCU, MIHAELA RĂDULESCU, ADRIAN OANEA, TUDOR DUNCA, DUMITRU SDRULLA*
— BUCUREȘTI

Introducere

Contactarea structurilor hometaxiale se realizează clasic utilizînd nichel dopat cu fosfor depus chimic pe siliciu. Prezenta lucrare tratează caracterizarea unui procedeu de nichelare ce depune nichel dopat cu bor pentru structurile hometaxiale și avantajele procedurii propus. Soluția utilizată conține sulfat de nichel, pirofosfat de sodiu, amoniac și dimetil-

aminoboran (DMAB), iar la pH 10–11 se depune nichel dopat cu bor fără a necesita o activare a suprafeței. Modelul teoretic propus [1] presupune formarea unor complecși de nichel. Scăderea conținutului de amoniac duce la precipitare [2]. Calitățile stratului de nichel depus influențează parametrii electrici ai tranzistoarelor finale cum ar fi: R_{TH} , I_{SE} , I_{CESAT} .

1. Date experimentale

Analizînd datele procesului au fost determinați următorii parametri care duc la carac-

* Întreprinderea de Piese Radio și Semiconductoare — Băneasa.

terizarea nichelului depus:

Viteza de depunere a soluției — este funcție de o serie de parametri cum ar fi pH-ul soluției, temperatură, concentrație de DMAB. Datele experimentale obținute sînt sintetizate în figurile 1, 2, 3. Prin metoda difracției de

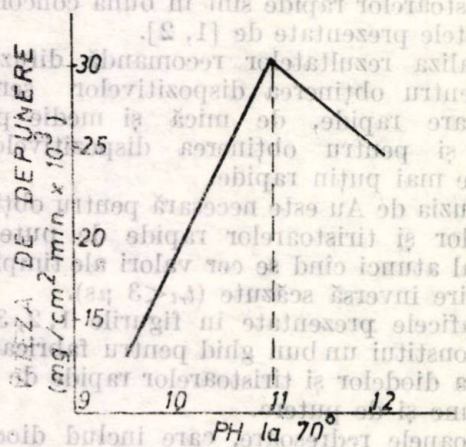


Fig. 1. Variația vitezei de depunere funcție de pH soluției de nichelare modificat prin adăugare de amoniac).

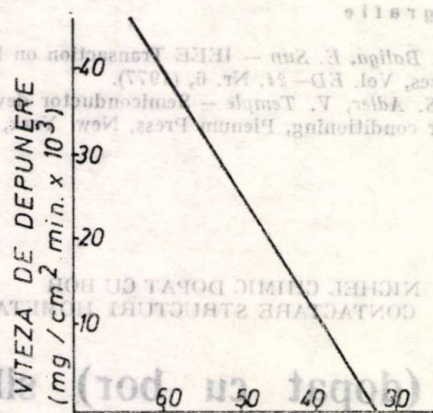


Fig. 2. Viteza de depunere funcție de temperatura soluție de nichelare.

raze x a fost determinat compusul prezentat în depunerea obținută cu formula chimică Ni_2B (faza δ) caracterizat prin constantele de rețea $a = 4,989 \text{ \AA}$, $c = 4,246 \text{ \AA}$ cristalizînd în sistem tetragonal. Diagrama Debye Scherrer este prezentată în figura 4. A fost măsurată rezistivitatea stratului de nichel dopat cu bor obținut ca fiind $15 \times 10^{-6} \Omega \text{ cm}$.

Conținutul de bor — gradul de stresare al stratului de nichel depus depinde de conținutul de bor. Acesta a fost determinat analitic. S-a constatat că un conținut mai mic de 2% de bor a condus la exfolieri, optimul pentru acest

parametru fiind 2,5%, pentru a obține un număr minim de defecte de I_{SB} și valori reduse ale parametrului U_{CESAT} .

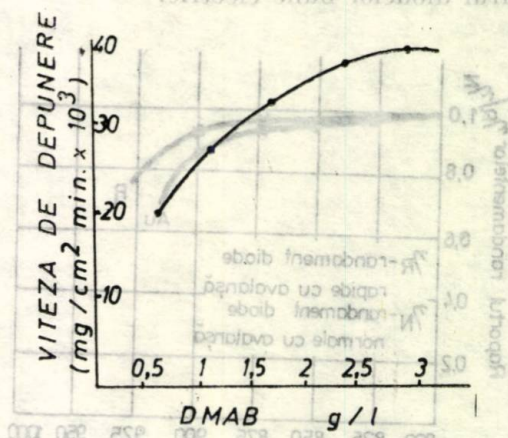


Fig. 3. Viteza de depunere funcție de concentrația de DMAB.

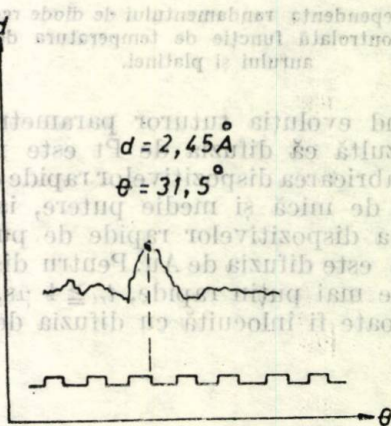


Fig. 4. Diagrama Debye Scherrer

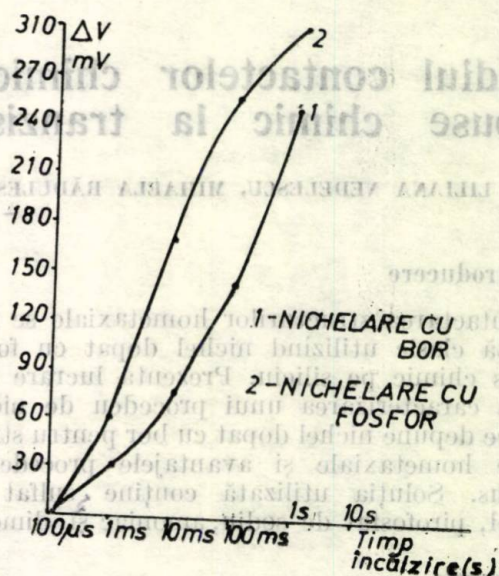


Fig. 5. Curbele de încălzire ΔV_{BE} —timp pentru cele 2 soluții de nichelare

2. Analiza comparativă a comportării structurilor contactate cu nichel cu bor față de cele contactate cu nichel cu fosfor

Analiza comparativă a fost efectuată pe tranzistoare homotaxiale de tip 2N3772 (150 W, 30 A) la care suprafața mare a structurii (25 mm²) face extrem de dificilă lipirea de maselotă. Parametrii luați în considerare au fost: tensiunea de saturație colector-emitor, măsurată la $I_c = 20$ A și $I_B = 4$ A pe aparatul TEKTRONIX 576, rezistența termică joncțiune capsulă $R_{th j-c}$ măsurată la $I_c = 7$ A, $V_{CE} = 30$ V pe sistemul UNISTAR (tranzistoarele au fost testate în mod deliberat la o putere mai mare decât cea maximă admisibilă pentru a pune mai bine în evidență diferențele în calitatea lipirii structurii). Valorile obținute sînt trecute în tabelele 1 și 2. Se remarcă o îmbunătățire semnificativă a valorilor ambilor parametri, pentru grupa tranzistoarelor avînd contactarea realizată cu nichel dopat cu bor. Figura 5 prezintă comparativ curbele de încălzire ΔV_{BE} —timp pentru cîte un tranzistor din fiecare categorie. Aceste curbe sînt utile pentru a decela constantele termice ale diferitelor regiuni care intervin între joncțiune și ambiant și rezistențele termice respective [3]. Valoarea mai redusă a mărimii ΔV_{BE} în cazul tranzistoarelor avînd nichel dopat cu bor, denotă o mai bună lipire a structurii pe maselotă.

TABELUL 1 (U_{CEsat} la $I_c = 20$ A; $I_B = 4$ A)

Nr. tranzistor	Nichel dopat cu bor	Nichel dopat cu fosfor
1	0,9 V	1,1 V
2	0,8 V	1 V
3	0,9 V	1,05 V
4	0,9 V	1,2 V
5	0,85 V	1 V

TABELUL 2 ($R_{th j-c}$ la $I_c = 7$ A; $V_{CE} = 30$ V)

Nr. tranzistor	Nichel dopat cu bor	Nichel dopat cu fosfor
1	0,384°C/W	0,493°C/W
2	0,339°C/W	0,445°C/W
3	0,341°C/W	0,58°C/W
4	0,355°C/W	0,39°C/W
5	0,337°C/W	0,454°C/W

3 Concluzii

Analiza datelor experimentale și măsurătorile efectuate atestă superioritatea procedurii propuse.

Bibliografie

- [1] N. Feldstein, RCA Review, p. 317, 1970.
- [2] M. Schwartz, Amer. Electroplaters Soc. p. 176, 1960.
- [3] B. S. Siegel, Electronics, p. 121, 1978.

CZ 537.12 :681.6

Experimentări cu un electronorezist preparat IN-HOUSE

DAN NICOLAU, GABRIELA DRĂGAN, MIHU IORGULESCU* — BUCUREȘTI

Introducere

Prepararea „in-house” permite producerea unor rezistenți dedicați aplicațiilor specifice (reticule, măști, plachete) caracterizarea lor la locul de utilizare cit și eliminarea abordării „black-box” ducînd la inserarea activă a utilizatorului în circuitul procesului de îmbunătățire a performanțelor rezistului. Plecînd de la aceste premise s-au sintetizat „in-house” mai mulți electronoreziști pe bază de poli-metacrilat de metil (PMMA), care au fost depuși prin centrifugare pe suport de crom și expuși la mașina de litografie cu fascicul de electroni ZBA 10/1 și ZBA 20/1.

1. DE CE PMMA

PMMA a fost ales din multitudinea de polimeri folosiți în litografia cu fascicul de electroni datorită următoarelor avantaje:

a. PMMA este un rezist pozitiv, iar tehnologia de litografie prin proiecție (reticule) sau prin contact (măști) e axată pe folosirea procesului pozitiv, astfel că implementarea în producție se poate face relativ ușor.

b. PMMA este un polimer ce se poate obține prin toate cele patru procedee de polimerizare (bloc, suspensie, emulsie, soluție), dar nu cu același grad de puritate.

c. PMMA poate fi relativ ușor sintetizat în toate cele trei ipostaze ale tacticității (izotactic, sindiotactic, atactic) pe o scară largă a maselor moleculare.

* Centrul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Componente Electronice — București

d. PMMA poate fi obținut mai ușor decât alți polimeri prin polymerizare radicalică, cationică sau anionică. Distribuția maselor moleculare (DMM) chiar în cazul mecanismului radicalic este relativ strânsă.

e. reacția de depolimerizare inițiată de bombardamentul cu fascicul de electroni este de tip „fermoar” conducând la produși de reacție cu masă moleculară mică și o DMM mică.

Dezavantajul major al PMMA este relativ slaba sensibilitate (circa $80 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ în timp ce electronoreziștii uzuali au sensibilitatea de $5-30 \mu\text{C}/\text{cm}^2$). Acest dezavantaj poate fi evitat printr-un proces de căutare a optimului rezoluției, densității defectelor induse de rezist și sensibilității în funcție de tipul sintezei [1].

Sinteza PMMA

Sinteza PMMA este accesibilă prin mecanism radicalic care produce un PMMA cu un raport sindiotactic/izotactic de doi apropiat de valoarea optimă de patru (când sensibilitatea atinge $0,5 \mu\text{C}/\text{cm}^2$) [2]. Polymerizarea a fost stopată la 200 K, 400 K, 700 K prin polymerizarea în suspensie. Experimentările au indicat că deși sensibilitatea rezistului scade cu scăderea proprietăților de aderență, uniformitatea la depunere, altă proprietate cum ar fi masa moleculară crește, ceea ce duce la o sensibilitate crescută stabilindu-se un optim pentru 600 K masă moleculară.

Alegerea solventului purtător

Solventul purtător trebuie ales pe următoarele considerente: polimerul trebuie să se dizolve cu o viteză moderată și total în solvent, solventul nu trebuie să fie prea volatil și nici nevolatil, să nu conțină nici unul din componenții developantului. Aceste condiții sînt necesare pentru a lăsa matricea polimeră cu goluri mai mici decât moleculele developantului, astfel încît dizolvarea zonei expuse să se producă numai prin selectivitate chimică și nu

prin gonflare fizică („swelling”), [1] și să fie accesibil. S-a ales ca solvent purtător triclorometilenă. După probele de depunere și pentru uzul litografiei măștilor concentrația soluției de polimer a fost aleasă de 2%.

Alegerea developantului

Developantul este constituit dintr-un amestec de solvent nonsolvent perfect miscibil. Ca solvent s-a ales metil-izobutil-cetona (MIBK) iar nonsolventul a fost ales alcoolul izopropilic (IPA) datorită miscibilității sale nelimitate în MIBK la temperatura de lucru ($15-25^\circ\text{C}$). După experimentări preliminare concentrația optimă de solvent: nonsolvent a fost găsită a fi 3:1 iar temperatura de lucru 17°C la un timp de developare de 3 minute.

2. Experimentări propriu-zise

În urma expunerii s-au obținut linii de: 0,2; 0,5; 1; 2; 5; 10; 20 microni. Aceste linii se pot observa în figurile 2 și 3. Variațiile gro-

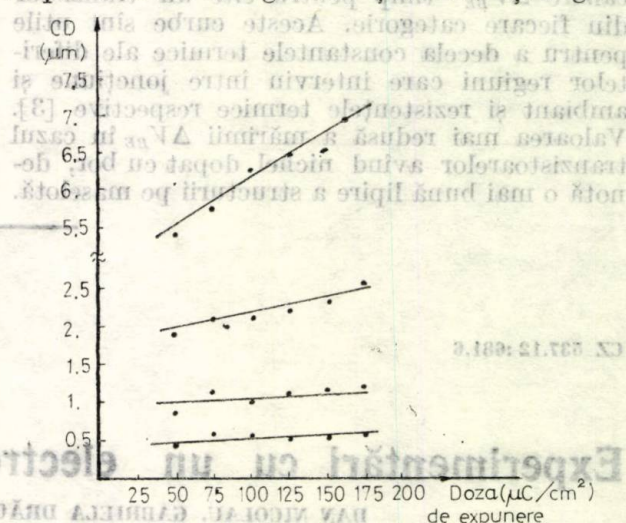


Fig. 1. Variația liniei de control dimensional (CD) de 0,5; 1; 2; și 6 μm în funcție de doza expunerii.

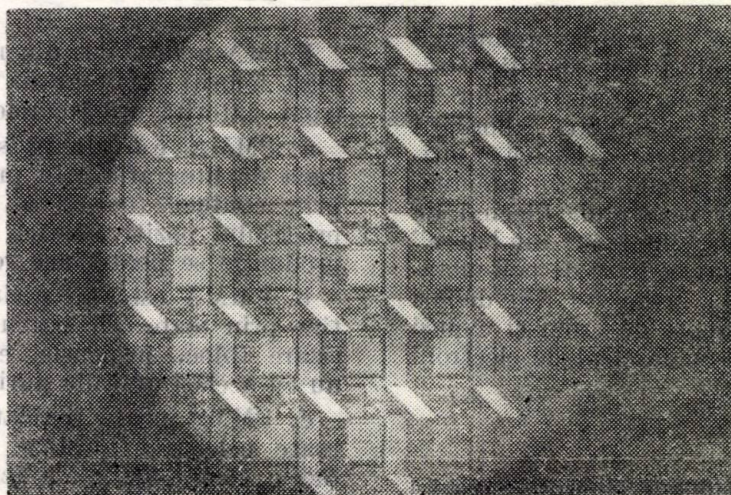


Fig. 2 Mira de control cu linii de $0,2 \mu\text{m}$.

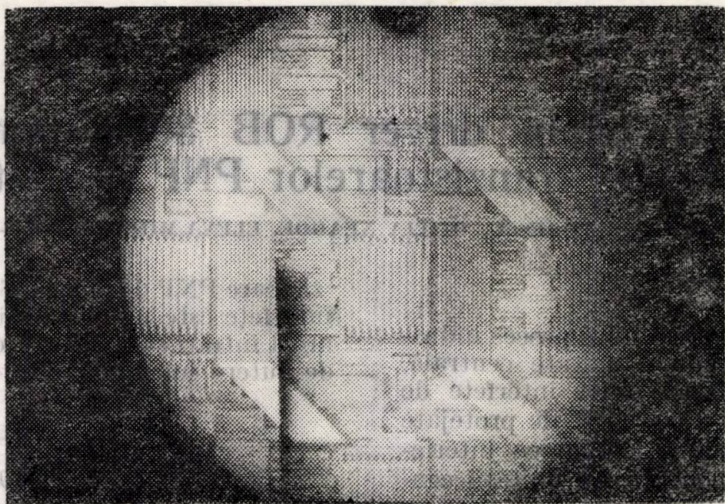


Fig. 3 Detaliu al mirei de control.

Denumirea comercială	Mw_1 (x—)	V (cp)	% solid	n (rpm)	t °C/min	Rez.	Dev.
ODBR 1000	600	20	6	4000	170/20	0,5	EMAEA
P ₆ ISOFINE	600	10,5	5	2000	65/30	0,15	MIBX
PMMA	600	32,4	2	2000	100/20	0,2	MIBK—
in-house				4000			IPA

unde : Mw — masă moleculară gravimetrică (3)
V — viscozitate (3)
n — turația la depunere
t — temperatura de preoacere
Rez. — rezoluția
Dev. — developantul (EMAEA — esteramilacetic-etilacetat)

simii liniilor de 0,5 ; 1 ; 2 ; 5 ; microni în funcție de doza aplicată se pot urmări în figura 1. Se observă că liniile mici își conservă dimensiunea pe un interval mai mare de energie de expunere, sensibilitatea obținută fiind perfect comparabilă cu cea a produselor similare a unor producători de PMMA cum rezultă din tabelul precedent. Experimentările arată că pentru acest tip de rezist limitările datorate sensibilității scăzute sint mult mai puternice decit cele datorate procesării în ansamblu. Dimensiunea de 0,2 microni nu mai este percepută ca o limită a rezoluției rezistului ci mai degrabă a tehnologiei. Se poate aprecia pe baza datelor prezentate ca PMMA-ul sintetizat este mai adecvat litografiei măștilor la scara 1 :1 decit celei a reticulelor, măști la scara 5 :1 sau 10 :1.

3. Concluzii

Prin efort de cercetare propriu a fost sintetizat „in-house” un electronorezist pozitiv pe

bază de PMMA. Experimentările arată că aceasta este comparabil ca sensibilitate și rezoluție maximă cu cei produși de firme specializate. Rezoluția maximă obținută de 0,2 microni indică faptul că electronorezistul sintetizat este adecvat folosirii în litografia măștilor la scara 1 :1. Cercetările continuă în sensul ridicării sensibilității pentru a face ca electronorezistul pe bază de PMMA să poată fi folosit și în litografia reticulelor la scara de 1 :5 și 1 :10.

Bibliografie

[1] M. J., Hatzakis Electrochem. Soc., 116, 1033, 1969.
[2] J. Shaw, M. Hatzakis, Kodak Microelectronics Seminar Proc., 1974.
[3] H. Imergutt, Polymer Handbook, 1976.

Circuit integrat triplu driver ROB 8088—pentru comanda și protecția tranzistoarelor PNP de putere

DAN ȘERBĂNESCU, RADU ILIESCU, OTILIA NEAGOE, ELENA MIHĂILESCU* — BUCUREȘTI

Introducere

Cînd se cere ca activitatea unui proces industrial să fie controlată de o unitate centrală, apare necesitatea realizării unor interfețe de putere, calculator-proces, care să fie protejate la suprasarcini accidentale. Deoarece interfețele sînt părți componente ale unității centrale de control, ele trebuie realizate într-un volum cît mai mic și cu piese cît mai puține. Circuitele integrate realizate în acest scop și existente pe piața mondială [1], deși performante, nu satisfac condiția de densitate, iar pe de altă parte schema lor electrică este prea complicată pentru a putea fi integrate mai multe pe același cip, fără o scădere drastică a randamentelor de fabricație.

Pe baza unei munci de colaborare specific activității de proiectare de circuite integrate la comandă în tehnică MONOCIP [2], s-a realizat un circuit integrat, codificat ROB 8088, care să răspundă cerințelor prezentate. Proiectul circuitului este original și valorificat în cadrul CCSIT-CE [3].

Lucrarea de față descrie schema electrică, planul de metalizare și aplicația specifică circuitului integrat.

1. Prezentarea și realizarea circuitului prin tehnica monocip

ROB 8088 este alcătuit din trei interfețe calculator proces identice (fig. 1) care au rolul de a comanda și proteja la suprasarcină tran-

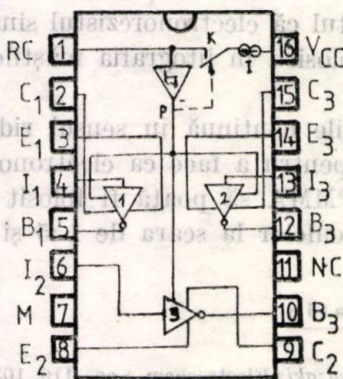


Fig. 1 Schema bloc a circuitului.

zistoare PNP de putere. Schema electrică a unei interfețe este prezentată în figura 2. Circuitul are 4 intrări și o ieșire. Referitor la tranzistorul de putere comandat aceste terminale au urmă-

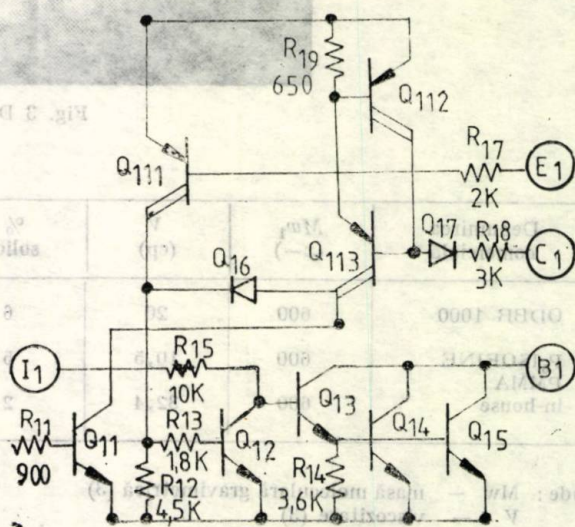


Fig. 2 Schema electrică a interfeței.

toarele funcții: E_1 —intarea de limitare a curentului de emitor; C_1 —intrare de blocare a curentului de colector; I_1 —intrare de comandă; RC —intrarea oscilatorului, ea apare inversată

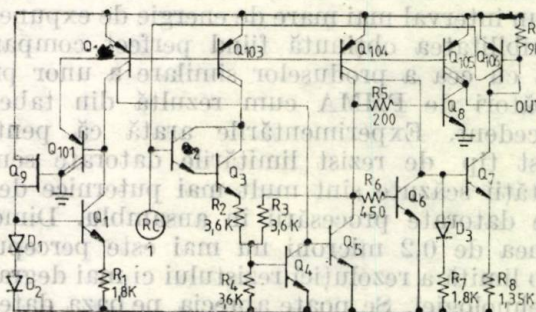


Fig. 3 Schema electrică a oscilatorului.

(RC) în baza tranzistorului Q_{11} ; B_1 —ieșire de tip colector în gol pentru controlul curentului în bază. În logică pozitivă funcția interfeței este:

$$B_1 = I_1 \cdot E_1 \cdot (C_1 + RC).$$

* Centrul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Componente Electronice — București

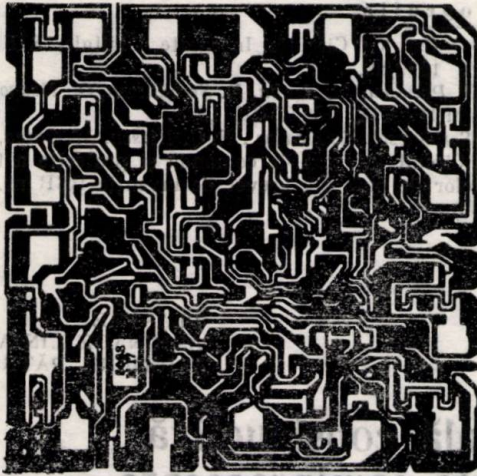


Fig. 4 Planul de metalizare.

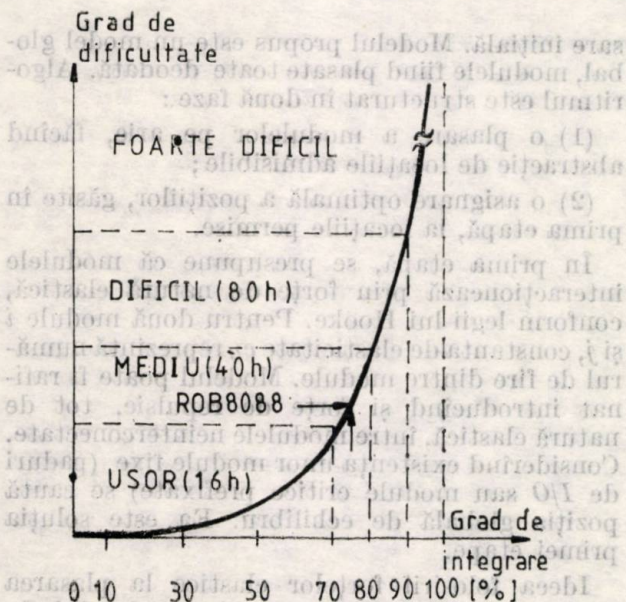


Fig. 5 Efortul de cablare.

Oscilatorul (schema electrică din fig. 3) controlează funcționarea etajului de comandă furnizând periodic un impuls în baza tranzistorului Q_{11} . Oscilatorul este alcătuit dintr-un circuit trigger-schmitt (tranzistoarele Q_{2+6}), un generator de curent comandat de starea ieșirii trigger-ului (tranzistoarele Q_7, Q_{106} , dioda Q_3) care are rolul de a furniza un curent în intrarea RC și etajul de polarizare (diodele D_1, D_2 , tranzistoarele $Q_{9,101+105}$). Conectând un grup R, C paralel între borna RC și masă, perioada de apariție a pulsurilor, T , respectiv durata pulsurilor, τ , sint :

$$T \cong 0,2RC; \quad \tau \cong C; \quad (\mu s, \text{ Kohmi}, \text{ nF}).$$

Circuitul integrat este realizat pe cipul standard, RD , proces tehnologic SBC , tensiunea de străpungere 30V. Planul de metalizare al circuitului este arătat în figura 4. Pentru a stabili gradul de integrare s-a făcut următoarea echivalare: 5,5 Kohmi de rezistență sau 0,9 părți de tranzistor PNP dual ocupă aceeași arie ca și un tranzistor NPN . Aria activă utilizată pentru cablarea circuitului este de 73%. Gradul de dificultate al interconectărilor, stabilit pe baza experienței acumulate în cablarea circuitelor pe cipul standard RD este ilustrat în figura 5.

2. Aplicația specifică

Circuitul ROB 8088 poate comanda și proteja 3 tranzistoare PNP de putere acționate în mod independent. Modul de conectare al unui tranzistor de putere la circuit este arătat în figura 6. Curentul de comandă în bază depășește 25 mA. Diagrama de funcționare ilustrează modul de comandă al tranzistorului de putere în cele 3 stări posibile: lipsa comenzii (circuit nevalidat), prezența comenzii și funcționare normală, prezența comenzii și suprasarcină la ieșire. Tranzistorul de putere este protejat la supracurent și la putere maximă.

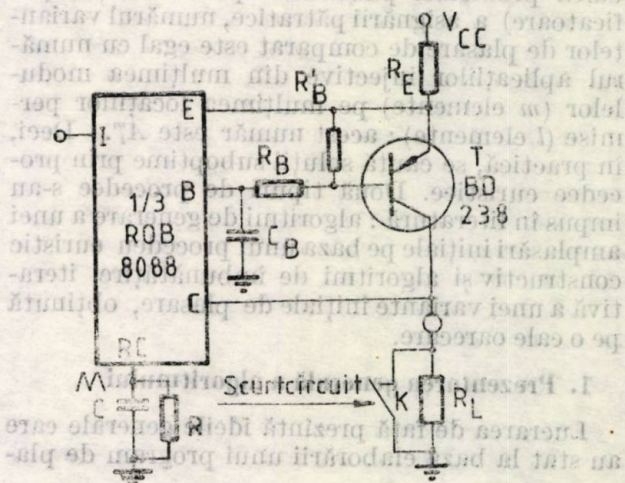


Fig. 6 Comanda și protecția tranzistorului de putere.

3. Concluzii

Lucrarea prezintă o schemă electrică originală de circuit integrat pentru comanda și protecția tranzistoarelor PNP de putere. Circuitul este realizat în tehnica MONOCIP și asigură o densitate maximă de cablare la beneficiar.

CZ 539.5 :00112

Bibliografie

- [1] * * * Catalog Circuite Integrate Digitale, SIEMENS, 1979/80.
- [2] C. A. Popescu, St. Barbu, D. Șerbănescu, O. Neagoie. Tehnica MONOCIP, CCSIT-CE, 1984.
- [3] D. Șerbănescu, O. Neagoie, R. C. Iliescu, M. Oprea, „Circuit integrat de comandă și protecție a tranzistoarelor de putere”, brevet de invenție RSR nr. 95185 (1986).

PLASARE
ASIGNARE LINIARĂ
ASIGNARE PĂTRATICĂ

Program de plasare inițială constructivă destinat circuitelor integrate semiprocesate

FLORIN BĂLAȘA, RODICA VLĂDESCU* — BUCUREȘTI

Introducere

Problema plasării constă în poziționarea optimă a unui set de module interconectate într-o mulțime de locații permise pe o arie dată. Scopul principal al unei plasări (manuală sau automată) este ușurarea etapei ulterioare de interconectare. Un criteriu care s-a impus în teoria și practica plasării automate este minimizarea lungimii totale a traseelor. O posibilă formalizare matematică a acestui criteriu este așa — numita problemă a asignării pătratice: dacă modulele i și j sînt legate între ele prin c_{ij} fire și sînt asignate pozițiilor $p(i)$ și $p(j)$, aflate la distanța $d_{p(i)p(j)}$ una de alta, să se găsească corespondența univocă $(i, p(i))$, $i = 1, n$ pentru care lungimea totală a traseelor $L = \sum c_{ij} \times d_{p(i)p(j)}$ este minimă.

Această formalizare nu modelează perfect problema deoarece presupune modulele legate în perechi; în realitate un traseu poate interconecta mai multe module. Chiar în cazul înlocuirii problemei plasării cu problema (simplificatoare) a asignării pătratice, numărul variantelor de plasare de comparat este egal cu numărul aplicațiilor injective din mulțimea modulelor (m elemente) pe mulțimea locațiilor permise (l elemente): acest număr este A_m^l . Deci, în practică, se caută soluții suboptimale prin procedee euristice. Două tipuri de procedee s-au impus în literatură: algoritmi de generare a unei amplasări inițiale pe baza unui procedeu euristic constructiv și algoritmi de îmbunătățire iterativă a unei variante inițiale de plasare, obținută pe o cale oarecare.

1. Prezentarea generală a algoritmului

Lucrarea de față prezintă ideile generale care au stat la baza elaborării unui program de pla-

sare inițială. Modelul propus este un model global, modulele fiind plasate toate deodată. Algoritmul este structurat în două faze:

- (1) o plasare a modulelor pe arie, făcînd abstracție de locațiile admisibile;
- (2) o asignare optimală a pozițiilor, găsite în prima etapă, la locațiile permise.

În prima etapă, se presupune că modulele interacționează prin forțe de natură elastică, conform legii lui Hooke. Pentru două module i și j , constanta de elasticitate c_{ij} reprezintă numărul de fire dintre module. Modelul poate fi rafinat introducînd și forțe de repulsie, tot de natură elastică, între modulele neinterconectate. Considerînd existența unor module fixe (paduri de I/O sau module critice prefixate) se caută poziția globală de echilibru. Ea este soluția primei etape.

Ideea folosirii forțelor elastice la plasarea fără locații admisibile apare și în alte lucrări. Se ajunge însă, în scrierea ecuațiilor de echilibru, la sisteme neliniare ce se rezolvă cu tehnici iterative (variante ale metodei Newton-Raphson). Apar probleme teoretice asupra convergenței, precum și micșorarea numărului de iterații. Avantajul soluției noastre constă în faptul că sistemul de ecuații obținut este liniar, matricea sistemului fiind simetrică și diagonal dominantă. Aceste caracteristici au importanță atît pentru timpul de calcul (selectarea pivoților, simetria matricii inverse) cît și pentru memoria necesară structurilor de date.

Faza 1 a algoritmului furnizează o poziționare relativă a modulelor. Asignarea acestora la locații admisibile (faza 2) trebuie făcută în așa fel încît perturbarea poziționării din prima etapă să fie minimă. O modelare matematică a acestei cerințe este următoarea: dacă $d_{ip(i)}$ este distanța dintre poziția modulului i , găsită în prima etapă, și poziția modulului dacă ar fi asignat locației admisibile $p(i)$, să se găsească o

* Centrul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Componente Electronice-București

corespondență univocă $(i, p(i))$ $i = 1, n$ pentru care se minimizează expresia $\sum_i d_{ip(i)}$.

Aceasta este o problemă de asignare liniară pentru care soluția optimă poate fi determinată cu algoritmi de complexitate polinomială. Implementarea dată de noi este o extindere a algoritmului lui Munkres pentru matrici dreptunghiulare. (În cazul nostru, avem o matrice (d_{ij}) , $i = 1, m$, $j = 1, l$).

2. Concluzii

Programul a fost implementat pe un calculator CORAL, necesitînd un efort redus de programare. Complexitatea algoritmilor este

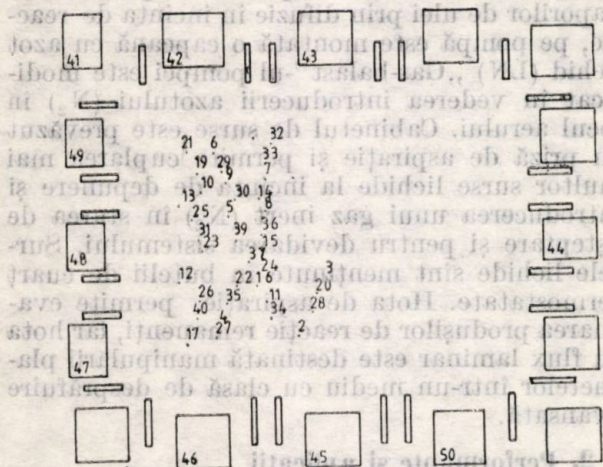


Fig. 1. Plasare relativă a modulelor.

0 (m³) pentru prima etapă și 0 (m²l) pentru cea de a doua. Figurile 1 și 2 reprezintă soluțiile celor două faze de amplasare a 40 de porți pe o arie I²L. Pentru exemplul prezentat, timpii de

calcul au fost 2,5'', respectiv 5,5''. Principalele calități ale algoritmului: oferă o soluție de plasare globală și elimină orice fel de calcul iterativ. Principalul dezavantaj este cel specific modelelor globale: memoria solicitată de structurile de date este mare. Deoarece cele două faze sînt relativ independente, utilizînd alocări dinamice, se utilizează efectiv circa $m \times l$ locații. De remarcat că în cazul modelului ce folosește numai forțe atractive, matricea sistemului este rară. Utilizarea tehnicilor specifice matricilor rare poate îmbunătăți considerabil complexitatea temporală și spațială a primei faze.

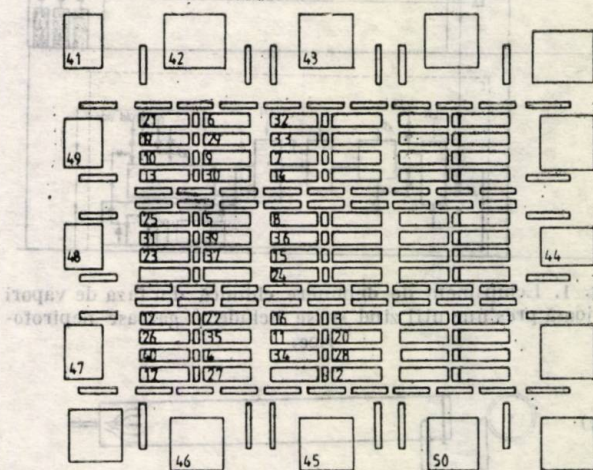


Fig. 2. Asignarea modulelor la locațiile admisibile.

Bibliografie

- [1] M. Hanan, J. M. Kurtzberg, „Placement Techniques”, Ed. M. A. Breuer, Prentice-Hall, 1972.
- [2] J. Munkres, „Algorithms for the Assignment and Transportation Problems”, J. SIAM, 1957.
- [3] M. N. Swamy, K. Thulasiraman, „Graphs, Networks, and Algorithms”, J. Wiley & Sons, 1981.

CZ 621.357.7 : 621.3.017

LPCVD
SURSE LICHIDE

Echipament de depuneri chimice din faza de valori la joasă presiune (LPCVD) utilizînd surse lichide

MARIAN BĂDILĂ, CRISTIAN ORFESCU, VASILE STAMA, VICTOR PĂUN, ROMEO ZECHIU, MARIAN STOICA, NICOLAE DARGATE* — BUCUREȘTI

Introducere

În microelectronica actuală se constată tendința de utilizare a depunerilor de straturi subțiri dielectrice/conductive bazate pe procedee de depunere chimică din fază de vapori la joasă presiune (LPCVD).

* Centrul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Componente Electronice — București

În scopul depunerii de filme subțiri prin tehnica LPCVD sînt cunoscute în general instalații utilizînd ca surse gaze piroforice, explozive, corozive și toxice, silan (SiH_4), arsina (AsH_3), fosfină (PH_3), amoniac (NH_3) ș.a. Ca alternativă, în prezent au apărut instalații LPCVD utilizînd surse lichide: tetraetilortosilicat (TEOS) [1], trimetilborat (TMB) [2], trietilortoparsenit (TEOA) [3], trimetilfosfit (TMP) [2] ș.a.

În această lucrare este prezentat un echipament LPCVD utilizând surse lichide realizat în CCSIT-CE.

1. Descrierea echipamentului

Echipamentul de depunere chimică din fază de vapori la joasă presiune propus este descris în figura 1 fiind constituit din următoarele

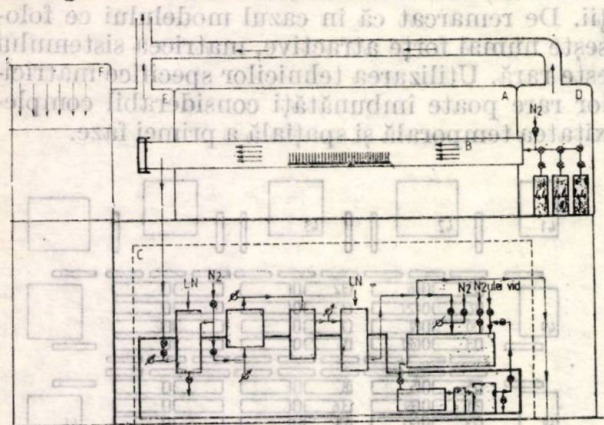


Fig. 1. Echipament de depunere chimică din fază de vapori la joasă presiune utilizând surse lichide și gazoase nepiroforice.

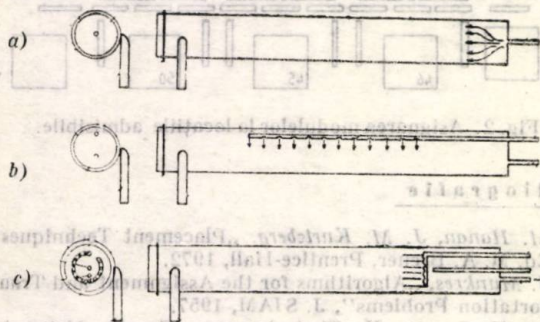


Fig. 2 Incintă de depunere

Fig. 2 a. Incintă cu stuf pentru introducerea vaporilor de sursă în incintă.

Fig. 2 b. Incintă cu injector drept pentru introducerea vaporilor de sursă în sistem

Fig. 2 c. Incintă cu injector circular pentru introducerea vaporilor de sursă în sistem

partii: A—cuptor cu încălzire rezistivă; B—incintă de depunere; C—sistem de vid; D—cabinet de surse; E—hotă de aspirație; F—hotă cu flux laminar.

Echipamentul este realizat în jurul unui cuptor cu rezistență posedând un control al temperaturii până la 1200°C. Incinta de depunere este un tub de cuarț modificat (fig. 2) în vederea etanșării lui cu un capac metalic și introducerii surselor sub formă de vapori prin injector (3 variante). Sistemul de vid asigură menținerea unei presiuni scăzute în incinta de depunere și este conceput cu un sistem de protecție a pompei de vid prin captarea produșilor de reacție evacuați (realizat din capcană cu azot lichid, capcană cu sită moleculară și filtru

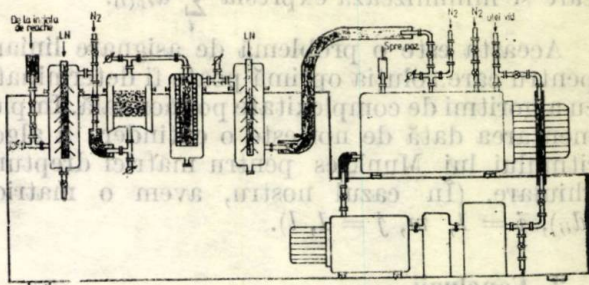


Fig. 3 Sistem de vid.

de particule solide) și un sistem de protecție prin neutralizarea și filtrarea uleiului din pompa de vid. Pentru împiedicarea pătrunderii vaporilor de ulei prin difuzie în incinta de reacție, pe pompă este montată o capcană cu azot lichid (LN). „Gas-balast”-ul pompei este modificat în vederea introducerii azotului (N_2) în locul aerului. Cabinetul de surse este prevăzut cu priză de aspirație și permite cuplarea mai multor surse lichide la incinta de depunere și introducerea unui gaz inert (N_2) în starea de așteptare și pentru devidarea sistemului. Sursele lichide sunt menținute în butelii de cuarț termostatare. Hota de aspirație permite evacuarea produșilor de reacție remanenti, iar hota cu flux laminar este destinată manipulării plachetelor într-un mediu cu clasă de desprăfuire avansată.

2. Performanțe și aplicații

Echipamentul permite depunerea următoarelor tipuri de filme subțiri: bioxid de siliciu (SiO_2) nedopat sau dopat cu arsen (As), stibiu (Sb), bor (B), fosfor (P), nitrură de siliciu, polisiliciu nedopat sau dopat, metale refractare și siliciuri de metale refractare. Pot fi procesate un număr de 100 de plachete de 2 sau 3 inch în același ciclu de depunere, cu uniformitate și reproductibilitate ridicate (de ex. în cazul depunerii de SiO_2 dopat cu As, uniformitate de depunere mai bună de 2%).

Domeniu de presiuni: $(1 - 5 \times 10^{-2})$ torr. Domeniu de temperaturi utilizat: $(600 - 1000)^\circ C$. Consum de energie: 3kW/h. Echipamentul poate fi utilizat și la procese de depunere din surse gazoase prin modificări la sistemul de protecție.

3 Concluzii

S-a realizat un echipament LPCVD utilizând surse lichide, de mare productivitate și aplicabil unei game largi de procese de depunere de filme subțiri conductive/dielectrice.

Bibliografie

- [1] J. Oroshnik, J. Kraitchman. J. Electrochem Soc., 115(6) p. 649, 1968.
- [2] F. S. Becker, D. Pawlik, H. Schafer, G. Stanigl, J. Vac. Sci. Technol., B4 (3).
- [3] F. S. Becker, H. Treichel, S. Rohd, D. Pawlik, J. Electrochem Soc., vol. 133, p. 309 c, 1986.





IIRUC service

**Întreprinderea pentru întreținerea
și Repararea Utilajelor de Calcul
și de Electronică Profesională**

București — România
Bd. Dimitrie Pompei nr. 6, sector 2
Telefon : 88.20.70
Telex : Service I.I.R.U.C. 11716 R

Întreprinderea noastră a luat ființă în 1968, în București.

Acum, IIRUC oferă service tehnic pentru o gamă foarte largă de echipamente, printre care:
• comandă numerică pentru mașini-unelte • sisteme și minisisteme de calcul • instrumente electronice de analiză și măsură • automate de dirijarea circulației • televiziune în circuit închis • radiotelefoane • aparatură medicală • diverse alte echipamente

În principal, service-ul tehnic pe care îl oferim se compune din :

• întreținerea preventivă periodică • intervenții la cerere la sediul beneficiarului • reparații și recondiționări în laboratoare proprii • instruirea personalului de exploatare al beneficiarului.

Aceste servicii sînt oferite atât utilizatorilor, cît și producătorilor români sau străini, în România sau pe țări piețe.

11 SECȚII DE PRODUCȚIE — 80 DE FILIALE

În prezent, IIRUC deține contracte de service cu mai mult de 16 000 de beneficiari români sau străini, deservind un parc de peste 350 000 de unități fizice.

Mai mult decît atît, acest parc se caracterizează prin existența a aproximativ 1 000 de tipuri diferite de echipamente, provenind de la 60 de producători independenți.

Pentru a răspunde acestor cerințe, ne-am structurat activitatea pe 11 secții de producție coordonate pînă la Sediul Central din București.

Secții naționale pentru service dedicat

- S 15 — Procese automatizate prin comandă numerică
— Bd. Dimitrie Pompei nr. 6, București/România, sectorul 2, tel. : 87.37.20
- S 20 — Sisteme și minisisteme de calcul cu utilizare generală
— Bd. Dimitrie Pompei nr. 6, București/România, sectorul 2, tel. : 88.68.20

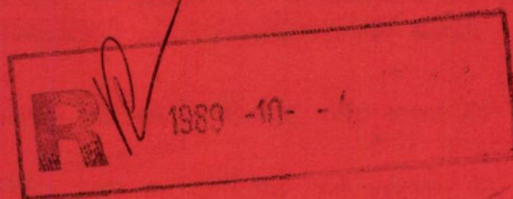
Secții teritoriale pentru service generalizat

- S 03 — BUCUREȘTI
— Bd. Dimitrie Pompei nr. 6, București/România, sectorul 2, tel. : 88.60.65
- S 07 — OLTEANIA
— Cartier Rovine, bl. A, Craiova/România, tel. : 941/4.70.61
- S 08 — BANAT
— Piața 700, Timișoara/România, tel. : 961/3.45.26
- S 09 — TRANSILVANIA-NORD
— Str. Cîmpeni nr. 28, Cluj-Napoca/România, tel. : 951/3.41.14
- S 10 — TRANSILVANIA-SUD
— Str. Traian nr. 34, Brașov/România, tel. : 921/3.09.37
- S 11 — MOLDOVA
— Str. Republicii, Iași/România, tel. : 981/3.28.44, 3.33.02
- S 12 — MUNTENIA
— Bd. Dimitrie Pompei nr. 6, București/România, sectorul 2, tel. : 88.61.80
- S 13 — DOBROGEA
— Str. Poporului nr. 121, Constanța/România, tel. : 916/6.45.95, 6.47.93

NOV 21 1929

F 2040

REFERĂLVA

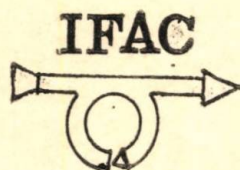


ETE

Electrotehnica Electronica Automatica

AUTOMATICĂ ȘI ELECTRONICĂ • BUCUREȘTI • ANUL 33 NR. 2 • Iunie 1989

**SPECIAL ISSUE ON AUTOMATIC CONTROL TOPICS OF THE
AUTOMATIC CONTROL COMMISSION OF THE SOCIALIST
REPUBLIC OF ROMANIA FOUNDER OF**

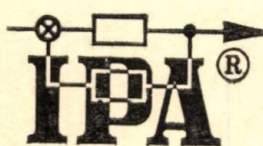


INTERNATIONAL FEDERATION OF AUTOMATIC CONTROL

**REPRESENTED IN ROMANIA BY I.P.A. — THE INSTITUTE DE SCIENTIFIC RESEARCH
AND TECHNOLOGICAL ENGINEERING FOR AUTOMATION**

The papers of this issue were presented on the occasion of the following technical and scientific events organized by IPA.

The selection of papers for publication was made by a group of IPA specialists led by :
(IPA) Manager — dipl. eng. A. Predoi, CTE (Technical and Economic Council) expert —
dipl. eng. G. Weinrich, dipl. eng. D. Totolici.



**THE INSTITUTE OF SCIENTIFIC RESEARCH
AND TECHNOLOGICAL ENGINEERING FOR
AUTOMATION**

INVITES YOU : TO

**XIIth SESSION ON AUTOMATIC CONTROL FIRST ANNOUNCEMENT AND CALL
FOR PAPERS**



June 7—9, 1989

Bucharest — Romania

Organizer: IPA

Mailing Address: Calea Floreasca

167, sector, 1, 71231 Bucuresti ROMANIA

TIPICS :

- Automatic system for continuous process control.
- Automatic systems for discontinuous process control and flexible manufacturing lines.
- Adjustable electric drives.
- Computing, data teleprocessing and teletransmission equipment.
- Software products for process informatics.
- New automation devices.
- Automation equipment for numerically controlled machine-tools (CNC) and industrial robots control.
- Automatic test equipment.
- Economic efficiency organization optimizing and social aspects of automatic control.
- Aspects of international technical and scientific cooperation.

ELECTROTEHNICA, ELECTRONICA ȘI AUTOMATICA

ANUL 33

Nr. 2

Iunie 1989

AUTOMATICA ȘI ELECTRONICA

CUPRINS

EDITORIAL

CZ 681.142: 621.3.083

INTEGRARE

ECUAȚII DIFERENȚIALE

Nicolau, Edm. ș.a.: O nouă metodă de aproximare a funcțiilor vectoriale de variabilă vectorială, aplicații în rezolvarea ecuațiilor diferențiale neliniare.

E.E.A.—*Automatica și electronica 33*, nr. 2, iunie 1989, p. 56

Programul de integrare a ecuațiilor diferențiale neliniare bazat pe principiul prezentat, preia interactiv expresiile celor n ecuații diferențiale, precum și cele n condiții inițiale. Soluțiile sistemului în funcție de timp precum și proiecții ale traiectoriei sistemului din spațiul fazelor extins pe plane $x(t)$, $x(t)$ pot fi reprezentate grafic la cererea utilizatorului.

CZ 621.397.3: 621—8

TRADUCTOARE

Encche, M. ș.a.: Climarom — sistem integrat pentru supravegherea calității mediului înconjurător.

E.E.A.—*Automatica și electronica 33*, nr. 2, iunie 1989, p. 59

Sistemul CLIMAROM (R) constituie o familie de echipamente concepute, proiectate și fabricate de IPA în vederea măsurării înregistrării, transmiterii la distanță și prelucrării de date privind mediul înconjurător.

CZ 621.315.05: 621.317.3: 628.512

SISTEME AUTOMATE

DEFECTE GAZE NOCIVE

Popescu, M. ș.a.: Sistem pentru detectarea și semnalizarea prezenței H₂S.

E.E.A.—*Automatica și electronica 33*, nr. 2, iunie 1989, p. 62

I.P.A. a conceput și pus în funcțiune un sistem prevăzut a fi utilizat pe o platformă industrială caracterizată prin producerea și vehicularea unor cantități mari de H₂S în fază lichidă și gazoasă.

CZ 539.15

CONDUCERE NUMERICĂ DISTRIBUITĂ

Arhip, M. ș.a.: Aspecte privind implementarea sistemului distribuit de conducere a proceselor tehnologice DISTRIPROM în aplicații industriale.

E.E.A.—*Automatica și electronica 33*, nr. 2, iunie 1989, p. 65

În lucrare se face o prezentare structural-funcțională a sistemului distribuit de conducere a proceselor DISTRIPROM, precizându-se locul pe care îl ocupă în competiția mondială. Se menționează aplicațiile în curs și în perspectivă imediată.

CZ 621.395.3

AUTOMATIZĂRI

SISTEM DISTRIBUIT DE CONDUCERE

Serghiescu, D. ș.a.: Conducerea unei instalații de distilare cu sistem distribuit de conducere SDC 2050.

E.E.A.—*Automatica și electronica 33*, nr. 2, iunie 1989, p. 68

Lucrarea prezintă concepția de conducere a procesului dintr-o instalație de distilare cu sistem modern de reglare, de tipul sistemului distribuit de conducere, în vederea experimentării acestor tipuri de echipamente.

CZ 621.314.5

CONVERTOARE C.C.—C.C.

Freciu, D. ș.a.: Convertor de c.c.—c.c. cu separare galvanică de medie putere, cu parametri tehnici ridicați și mare siguranță în funcționare.

E.E.A.—*Automatica și electronica 33*, nr. 2, iunie 1989, p. 73

Lucrarea descrie soluția tehnică a unui convertor c.c.—c.c. având parametri tehnici și de fiabilitate ridicați, apt pentru funcționarea în regim CNE. Se detaliază problemele speciale de siguranță în funcționare și unele măsuri deosebite luate pentru a se rezolva aceste probleme.

CZ 65.012.3

SISTEM DE PROGRAME

Giurgiu, A.: Programe pentru supravegherea parametrilor.

E.E.A.—*Automatica și electronica 33*, nr. 2, iunie 1989, p. 76

Programul SUPRAV este destinat culegerii informațiilor oferite de instalațiile de automatizare referitoare la procesul tehnologic ce se dorește supravegheat și transmiterii acestor informații la nivelul ierarhic superior pentru prelucrare și decizie. (Programul se folosește în sisteme informatice cu minim 2 nivele ierarhice).

CZ 531.5: 621.372.5

PROIECTAREA FILTRELOR ACTIVE

FILTRE „TRECE-JOS” ȘI „TRECE-SUS”

FUNCTII DE TRANSFER

Popescu, B. ș.a.: Exemple de proiectare a filtrelor active utilizând circuitele integrate hibride H 951 și H 952 — filtre active universale. I. Filtre „trece-jos” și „trece-sus”.

E.E.A.—*Automatica și electronica 33*, nr. 2, iunie 1989, p. 77

În lucrare sunt analizate exemple reprezentative de proiectare a filtrelor „trece-jos” și „trece-sus” utilizând circuitele integrate hibride H 951 și H 952 — filtre active universale. După unele considerații teoretice sînt date calculele de proiectare și schemele electrice corespunzătoare. În fiecare caz funcțiile de transfer au fost obținute pe 3 căi diferite: (i) prin trasarea cu calculatorul a funcției de transfer teoretice; (ii) prin simularea cu calculatorul a schemei electrice și (iii) prin ridicarea caracteristicilor utilizând circuitele realizate practic. În final rezultatele obținute sînt analizate comparativ.

CZ 681.332: 621.37

INTELIGENȚA ARTIFICIALĂ

Algiu, M. ș.a.: Sistem expert de testare și autodiagnoză în structuri multiprocesor.

E.E.A.—*Automatica și electronica 33*, nr. 2, iunie 1989, p. 83

Sistemul TESS asigură funcții de detectare rapidă și localizarea precisă a modulelor hardware defecte, de raportare promptă și explicită a defectelor apărute la nivelul de circuit de indicare a posibilităților de depanare, sau a necesității de înlocuire a modului defect, pentru echipamente avînd în configurație UC MULTIPROM cu microprocesor 8086.

CZ 621.316.5: 621.375.4

INVERTOR

Mada, C. ș.a.: Invertoare cu tranzistoare de putere pentru surse de alimentare neîntreruptă.

E.E.A.—*Automatica și electronica 33*, nr. 2, iunie 1989, p. 85

Lucrarea prezintă principiul de funcționare și caracteristicile constructiv tehnice ale unui „Invertor cu tranzistoare de putere monofazat” elaborat sub concepția IPA.

CZ 621.316.5

INVERTOR TRIFAZAT

Stanciu, D. ș.a.: Analiza invertorului trifazat cu curent de fază evasisinusoidal.

E.E.A.—*Automatica și electronica 33*, nr. 2, iunie 1989, p. 86

Lucrarea prezintă o analiză originală a invertorului trifazat cu curent de fază evasisinusoidal funcționînd pe sarcină activă. Lucrarea cuprinde: modul de operare, schema echivalentă utilizînd vectorii Park, metodele tipice de comandă pentru obținerea curentului de fază evasisinusoidal (modulația flotantă, prin urmărirea unei modulatori și modulația sinusoidală în durată), precum și rezultatele obținute prin simulare pe calculatorul numeric.

CZ 621.397.3: 004

TRADUCTOARE PENTRU CONTROL INDUSTRIAL
Muscelanu, I. ș.a.: Dispozitive inteligente pentru controlul tehnologiilor de producție.

E.E.A.—*Automatica și electronica 33*, nr. 2, iunie 1989, p. 91

Valoarea majorității produselor chimice și a celor petroliere, a apei și a apei fierbinți transportate prin conducte și canale deschise pe baza măsurării volumetrice a crescut enorm în ultimii ani. Progrese recente, considerabile în proiectarea aparatului de comandă, realizate de către IPA-București, permit efectuarea unui control extrem de precis în domeniul tehnologiilor de fabricație.

СОДЕРЖАНИЕ

УДК 681.142:621.3.083

ИНТЕГРИРОВАНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ

Николау, Едм. и др.: Новый метод аппроксимации векторных функций векторной переменной, применения в решении нелинейных дифференциальных уравнений. Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 33, № 2, июнь 1989 г., стр. 56

Программа интегрирования нелинейных дифференциальных уравнений на основе приведенного принципа, интерактивно принимает выражения тех дифференциальных уравнений и тех исходных условий. Решения системы в зависимости от времени, а также проекции траектории пространственной системы фаз, расширенной в плоскостях $(x^{[i]}, x^{[j]})$ могут быть графически представлены на заявке пользователя.

УДК 621.397.3:621-8

ДАТЧИКИ

Енаке, М. и др.: Климаром — интегральная система для наблюдения качества окружающей среды. Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 33, № 2, июнь 1989 г., стр. 59

Система КЛИМАРОМ (R) является семейством оборудований задуманных, проектированных и изготовленных Институтом Проектирования и Автоматизации (ИПА), с целью измерения зарегистрирования, дистанционной передачи и обработки данных об окружающей среде.

УДК 621.315.05:621.317.3:628.512

АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ОБНАРУЖЕНИЕ ВРЕДНЫХ ГАЗОВ

Попеску, М. и др.: Система для обнаружения и сигнализации наличия H_2S . Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 33, № 2, июнь 1989 г., стр. 62

Институт Проектирования и Автоматизации (ИПА) осуществлял и вводил в эксплуатацию систему задуманную для использования на промышленной платформе охарактеризованной получением и использованием больших количеств H_2S в газовом и жидкостном состоянии.

УДК 539.15

РАСПРЕДЕЛЕННОЕ ЦИФРОВОЕ УПРАВЛЕНИЕ

Архип, М. и др.: Аспекты внедрения распределенной системы управления технологическими процессами в промышленные применения.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 33, № 2, июнь 1989 г., стр. 65

В работе структурно-функционально представляется распределенная система управления процессами DISTRI-PROM, принимая во внимание место заваеваемого на мировом состязании. Отмечаются текущие и перспективные применения.

УДК 621.395.3

АВТОМАТИЗАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ

Сергеев, Д. и др.: Управление установкой дистиллирования с распределенной системой управления 2050. Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 33, № 2, июнь 1989 г., стр. 68

Работа представляет концепцию управления процессом в установке дистиллирования со современной системой настройки, типа распределенной системы управления, ввиду экспериментирования этих типов оборудований.

УДК 621.314.5

ДАТЧИКИ ПОСТ. ТОКА — ПОСТ. ТОКА

Фречу, Д. и др.: Датчик пост. тока — пост. тока с гальваническим разделением средней мощности, с повышенными техническими параметрами и высокой надежностью в работе.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 33, № 2, июнь 1989 г., стр. 73

В работе описывается техническое решение датчика пост. тока — пост. тока с повышенными техническими параметрами и высокой надежностью способного для функционирования в режиме С Е. Подробно рассматриваются специальные вопросы надежности в работе и некоторые особенные меры, принятые в решении этих вопросов.

УДК 65.012.3

СИСТЕМА ПРОГРАММ

Джурджу, А.: Программы для наблюдения параметров. Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 33, № 2, июнь 1989 г., стр. 76

Программа SUPRAI предназначена для сбора униформаций от установок автоматизации относительно наблюдаемого технологического процесса и для передачи этих информаций к высшему иерархическому уровню для обработки и решения. (Программа применяется в информатических системах с минимально 2-мя иерархическими уровнями).

УДК 531.5:621.372.5

ПРОЕКТИРОВАНИЕ АКТИВНЫХ ФИЛЬТРОВ ФИЛЬТРЫ НИЖНИХ ЧАСТОТ И ФИЛЬТРЫ ВЕРХНИХ ЧАСТОТ ПЕРЕДАТОЧНЫЕ ФУНКЦИИ

Попеску, Б. и др.: Примеры проектирования активных фильтров используя гибридные интегральные схемы Н 951 и Н 952 — универсальные активные фильтры. Фильтры нижних частот и фильтры верхних частот. Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 33, № 2, июнь 1989 г., стр. 77

В работе рассматриваются характерные примеры проектирования фильтров нижних частот и фильтров верхних частот, используя гибридные интегральные схемы Н 951 и Н 952 — универсальные активные фильтры. Приведены расчеты проектирования и соответствующие электрические схемы по некоторым теоретическим соображениям.

В каждом случае, передаточные функции были получены по 3 разным способам: (i) построением теоретической передаточной функции при помощи ЭВМ; (ii) моделированием электрической схемы при помощи ЭВМ; (iii) повышение характеристик, используя схемы практически полученные. В конце сравнительно анализируются полученные результаты.

УДК 681.332:621.37

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ

Албэску, М. и др.: Экспертная система для тестирования и самодиагноза в мультипроцессорных структурах. Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 33, № 2, июнь 1989 г., стр. 83

Система TESS обеспечивает функции быстрого детектирования и точного обнаружения дефектных модулей — аппаратуры —, немедленного и ясного сообщения дефектов появившихся на уровне схемы, указания возможностей ремонта или необходимости замены дефектного модуля, для оборудований имеющих в конфигурации UC MULTIPROM с микропроцессором 8086.

УДК 621.316.5:621.375.4

ИНВЕРТОР

Мада, К. и др.: Инверторы со силовыми транзисторами для источников непрерывного питания.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 33, № 2, июнь 1989 г., стр. 85

Работа представляет принцип действия и конструктивно-технические характеристики „Монофазного инвертора со силовыми транзисторами”, разработанного Институтом Проектирования и Автоматизации (ИПА).

УДК 621.316.5**ТРИФАЗНЫЙ ИНВЕРТОР**

Станчу, Д. и др.: Анализ трифазного инвертора с фазовым квазисинусоидальным током.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 33, № 2, июнь 1989 г., стр. 86

Работа представляет оригинальный анализ трифазного инвертора с фазовым квазисинусоидальным током, работающего на активной нагрузке. Работа содержит: способ оперирования, эквивалентную схему используя векторы Парка, типичные методы управления для получения фазного квазисинусоидального тока (непосредственная модуляция наблюдением модулирующей волны и синусоидальная модуляция по длительности), а также полученные результаты моделированием на ЭВМ.

УДК 621.397.3:004**ДАТЧИКИ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОГО КОНТРОЛЯ**

Мусчеляну, И. и др.: Устройства с искусственным интеллектом для контроля технологий производства.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 33, № 2, июнь 1989 г., стр. 91

Количество химических и нефтяных продуктов (большинство из этих) воды и горячей воды, транспортируемых через трубопроводы и открытые каналы, огромно выросло в последние годы по объемным измерениям.

Последние прогрессы, значительные в проектировании управляющей аппаратуры осуществляемой Институтом Проектирования и Автоматизации (ИПА), Бухарест, позволяют выполнение контроля высокой точности в области технологий производства.

INHALT**Leitartikel****DK 681.142: 621.3.083****INTEGRIERUNG****DIFFERENTIALGLEICHUNGEN**

Nicolau, Edm. u.s.w.: Eine neue Annäherungsmethode der Vektorfunktionen vektorialischer Variable, Anwendungen zur Lösung nichtlinearer Differentialgleichungen.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 33, Nr. 2, Juni 1989, S. 56

Das Integrationsprogramm der nichtlinearen Differentialgleichungen, das auf dem dargestellten Prinzip basiert, übernimmt interaktiv die Ausdrücke der n Differentialgleichungen, sowie die Anfangsbedingungen.

Die zeitabhängigen Systemlösungen sowie die Projektionen der Systembahn aus dem auf Ebenen ($x^{(i)}$, $x^{(j)}$) erweiterten Phasenraum, können graphisch auf Anwenderwunsch dargestellt werden.

DK 621.397.3: 621—8**GEBER**

Enache, M. u.s.w.: CLIMAROM — Integriertes Überwachungssystem der Umgebungsqualität.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 33, Nr. 2, Juni 1989, S. 59

Das System CLIMAROM (R) ist eine Ausrüstungsfamilie, erdacht entworfen und hergestellt von I.P.A., zwecks Messen, Aufnahme, Fernübertragung und Datenverarbeitung der Umwelt bezüglich.

DK 621.315.05: 621.317.3: 628.512**AUTOMATISCHE SYSTEME****DETEKTION DER SCHADLICHEN GASE**

Popescu, M. u.s.w.: Detektions- und Meldungssystem der H_2S -Anwesenheit.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 33, Nr. 2, Juni 1989, S. 62

I.P.A. hat ein System entworfen und in Betrieb gesetzt, das auf einer Industriepattform anwendbar ist, gekennzeichnet durch die Herstellung und Beförderung einer grossen flüssigen und gasförmigen H_2S -Gasmenge.

DK 539.15**VERTEILTE DIGITALSTEUERUNG**

Arhip, M. u.s.w.: Gesichtspunkte betreffend die Implementierung des verteilten Steuerungssystems technologischer Vorgänge DISTRIPROM in Industrieanwendungen.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 33, Nr. 2, Juni 1989, S. 65

Die Arbeit ist eine strukturell-funktionelle Darstellung des verteilten Steuerungssystems der DISTRIPROM-Vorgänge, indem man seine Bedeutung im Weltwettbewerb bestimmt. Es werden die im Laufe und die künftigen Anwendungen erwähnt.

DK 621.395.3**AUTOMATISIERUNG****VERTEILTES STEUERUNGSSYSTEM**

Serghiescu, D. u.s.w.: Die Steuerung einer Destillationsanlage mit verteiltem Steuerungssystem SDC 2050.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 33, Nr. 2, Juni 1989, S. 68

Es wird eine Vorgangsteuerungsauffassung einer Destillationsanlage mit modernem Regelungssystem, vom Typs des verteilten Steuerungssystem, zwecks Experimentierung dieser Ausrüstungstyp, dargestellt.

DK 621.314.5**GLEICHSTROM-GLEICHSTROM-WANDLER**

Freciu, D. u.s.w.: Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler mit galvanischer Trennung mittlerer Leistung, mit hohen, technischen Parametern und grosse Betriebssicherheit.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 33, Nr. 2, Juni 1989, S. 73

Die Arbeit beschreibt die technische Lösung eines Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler mit hohen technischen Parametern und hohe Zuverlässigkeit, geeignet für den Kernkraftwerkbetrieb. Ausführlich werden auch die speziellen Betriebssicherheitsfragen und einige besondere Massnahmen für die Lösung Fragen behandelt.

DK 65.012.3**PROGRAMMSYSTEM**

Giurgiu, A.: Parameterüberwachungsprogramm.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 33, Nr. 2, Juni 1989, S. 76

Das SUPRAV-Programm ist für die Datensammlung von Automatisierungsanlagen, die sich auf den zu überwachten technologischen Vorgang beziehen und für die Übertragung dieser Daten auf hohem hierarchischem Niveau zur Verarbeitung und Entscheidung, bestimmt.

Das Programm wird in Informationssystem mit min. zwei hierarchischen Niveaus angewendet.

DK 531.5: 621.372.5**ENTWURF AKTIVER FILTER****TIEFPASS- UND HOCHPASSFILTER****ÜBERTRAGUNGSFUNKTIONEN**

Popescu, B. u.s.w.: Entwurfsbeispiele aktiver Filter bei denen man hybride integrierte Schaltungen H 951 und H 952 — universelle aktive Filter, angewendet. I. „Tiefpass und „Hochpassfilter“.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 33, Nr. 2, Juni 1989, S. 77

In der Arbeit werden relevante Entwurfsbeispiele der „Tiefpass“ — und „Hochpassfilter, die hybride, integrierte Schaltungen H 951 und H 952 — universelle, aktive Filter anwenden, analysiert.

Nach einigen theoretischen Betrachtungen werden Entwurfsrechnung und entsprechende Leitungsschemas angegeben.

In jedem Fall wurden die Übertragungsfunktionen auf drei verschiedenen Wegen erhalten: (i) durch die Abstecung der theoretischen Übertragungsfunktion mit Hilfe des Rechners; (ii) durch die Simulierung der Leitungsschema mit Hilfe der Rechners; (iii) durch die Kennlinienaufnahme indem man praktisch durchgeführte Schaltungen anwendet.

Am Ende werden die erzielten Ergebnisse vergleichsweise analysiert.

DK 681.332: 621.37

KÜNSTLICHE INTELLIGENZ

Algiu, M., u.s.w.: Kontroll- und Selbstdiagnoseexpertsystem in Multiprozessorstrukturen.

E.E.A.—*Automatica și electronica* 33, Nr. 2, Juni 1989, S. 83

Das System TESS sichert schnelle Detektionsfunktionen und die genaue Lokalisierung der schadhaften Hardwaremodulen, prompte und explizite Fehlerberichtenfunktionen, die beim Niveau der Anzeigstromkreis der Störungsbeseitigungsmöglichkeiten oder der Ersetzungsnotwendigkeit des schadhaften Moduls auftreten, für Ausrüstungen die eine MULTIPROM-Zentraleinheit mit Mikroprozessor 8086 besitzen.

DK 621.316.5: 621.375.4

WECHSELRICHTER

Mada, C., u.s.w.: Wechselrichter mit Leistungstranzistor für ununterbrochene Speisequellen.

E.E.A.—*Automatica și electronica* 33, Nr. 2, Juni 1989, S. 85

Der Beitrag stellt das Funktionsprinzip und die technischen konstruktive Charakteristiken eines, bei I.P.A. entworfenen Einphasenwechselrichter mit Leistungstransistoren vor.

DK 621.316.5

DREIPHASENWECHSELRICHTER

Stanciu, D. u.s.w.: Analyse des Dreiphasenwechselrichters mit quasisinusoidalem Phasenstrom.

E.E.A.—*Automatica și electronica* 33, Nr. 2, Juni 1989, S. 86

Der Beitrag stellt eine originelle Analyse des Dreiphasenwechselrichters mit quasisinusoidalen Phasenstrom vor, dar mit Wirklast arbeitet.

Die Arbeit umfasst: Arbeitsweise, Ersatzschema mit Hilfe der Park-Vektoren, die typischen Störungsmethoden zur Erhaltung des quasisinusoidalen Phasenstroms (ungleichmässige Modulation durch Verfolgung der Modulationsquelle und der dauernden Sinusmodulation) sowie die durch Simulieren auf dem Elektronenrechner erhaltenen Ergebnisse.

DK 621.397—3: 004

INDUSTRIEKONTROLLGEBER

Musceleanu, I. u.s.w.: Intelligente Vorrichtungen zur Kontrolle der Fertigungstechnologie.

E.E.A.—*Automatica și electronica* 33, Nr. 2, Juni 1989, S. 91

Der Wert der meisten chemischen und petrochemischen Erzeugnisse des durch Leistungen und offenen Kanälen transportierten Wassers und Heisswassers aufgrund volumetrischer Messungen ist in den letzten Jahren sehr gewachsen.

Die neuesten Fortschritte im Entwurf der Steuergeräte, hergestellt bei IPA Bukarest, gestatten die Durchführung einer überraschend genauen Kontrolle auf dem Gebiet der Fertigungstechnologien.

CONTENTS

EDITORIAL

DC 681.142: 621.3.083

INTEGRATION

DIFFERENTIAL EQUATIONS

Nicolau, Edm. a.o.: A New Approximation Method for Vectorial Functions with Vectorial Variable. Applications to Non-Linear Differential Equation Solving.

E.E.A.—*Automatica și electronica* 33, no. 2, June 1989, p. 56

The integration routine for non-linear differential equations based on the reported principle, applies interactively the expressions of the n differential equations, along with the n initial conditions. The system solutions function of time, and also the projection of the system trajectory from the phase space extended on planes (x^i, x^j) are to be represented graphically at the user's request.

DC 621.397.3: 621—3

TRANSDUCERS

Enache, M. a.o.: Climarom — Integrated System for the Environment Quality Monitoring

E.E.A.—*Automatica și electronica* 33, no. 2, June 1989, p. 59

CLIMAROM system (R) includes a family of equipment conceived, designed and manufactured by I.P.A. for recording measurement, environment data transmission and processing.

DC 621.315.05: 621.317.3: 628.512

AUTOMATIC SYSTEMS

DELETERIOUS GASES FAULTS

Popescu, M. a.o.: H₂S Detecting and Indicating System.

E.E.A.—*Automatica și electronica* 33, no. 2, June 1989, p. 62

I.P.A. designed and rendered operative a system to be used in an industrial site, where large H₂S quantities in liquid and gas phases are being produced and handled.

DC 539.15

DISTRIBUTED DIGITAL CONTROL

Arhip, M. a.o.: Aspects Regarding the Industrial Applications Implementation of DISTRIPROM Control Distributed System for Technological Processes.

E.E.A.—*Automatica și electronica* 33, no. 2, June 1989, p. 65

A functional and structural approach of DISTRIPROM-process control distributed system, and the place it occupies in the international competition, are presented in the paper. The present and the near future application are revealed.

DC 621.395.3

AUTOMATION

DISTRIBUTED MONITORING SYSTEM

Serghiescu, D. a.o.: Distillation Installation Monitoring by means of a SDC 2050 Distributed Monitoring System.

E.E.A.—*Automatica și electronica* 33, no. 2, June 1989, p. 68

The process monitoring scheme in a distillation installation using a modern regulating system of the distributed monitoring system type, to be experimented on such equipment, is presented in the paper.

DC 621.314.5

DC-DC CONVERTERS

Freciu, D. a.o.: Medium Power Galvanic Separation D.C.—D.C. Converter with High Technical Parameters and Reliability.

E.E.A.—*Automatica și electronica* 33, no. 2, June 1989, p. 73

The technical solution of a D.C.—D.C. Converter with high technical parameters and reliability fit for nuclear applications (CNE duty) are presented. The special reliability problems and several measures to solve them are detailed.

DC 65.012.3

PROGRAMMING SYSTEM

Giurgiu, A.: Parameter Control Programs.

E.E.A.—*Automatica și electronica* 33, no. 2, June 1989, p. 76

The SUPRAV program is designed to gather data offered by automatic installations referring to the controlled production flow, and to transmit these data to the higher organization level for processing and decision-taking. The program can be used in an informational system hierarchy of at least two levels.

DC 531.5: 621.372.5

THE ACTIVE FILTER DESIGN

„LOW-PASS” and „HIGH-PASS” FILTERS

TRANSFER FUNCTIONS

Popescu, B. a.o.: Examples of Active Filter Design Using H951 and H952 Hybrid Integrated Circuits—Universal Active Filters. I „Low-Pass” and „High-Pass” Filters.

E.E.A.—*Automatica și electronica* 33, no. 2, June 1989, p. 77

Representative design examples of „high-pass” and „low-pass” filters with H951 and H952 hybrid integrated circuits—universal active filters are presented in the paper. Design calculation and the corresponding circuit diagram follow some theoretical considerations. Three different ways were used in each case to obtain the transfer functions: (i) computer plotting of theoretical transfer functions; (ii) computer simulation of the circuit diagram and (iii) characteristics prevailing from the effective circuits. Finally the results are comparatively analysed.

DC 681.332: 621.37

ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Algiu, M. a.o.: Testing and Self-Diagnosis Expert System for Multiprocessor Structures.

E.E.A.—*Automatica și electronica* 33, no. 2, June 1989, p. 83

TESS system provides a quick detection and precise location functions for fault hardware modules, operatively and precisely reports the circuit faults, indicates the repair possibilities or necessity of replacing the faulty module for equipment including a 8086 Multiprocessor UC MULTIPROM.

DC 621.316.5: 621.375.4

Mada, C. a.o.: Power Transistor Inverter for Continuous Power Supplies.

E.E.A.—*Automatica și electronica* 33, no. 2, June 1989, p. 85

The operating principle and production-functional characteristics of a single-phase power transistor inverter designed by I.P.A. are presented.

DC 621.316.5

THREE-PHASE INVERTER

Stanciu, D. a.o.: Analysis of Quasi-Sinusoidal Phase-Current Three-Phase Inverter.

E.E.A.—*Automatica și electronica* 33, no. 2, June 1989, p. 86

A three-phase inverter operating on an active load in a quasi-sinusoidal phase current is subject to an original analysis in this paper. The paper covers: the operating system, the equivalent scheme based on Park vectors, the typical control methods to obtain the quasi-sinusoidal phase-current (the floating modulation by following the modulating wave and the sinusoidal modulation in time), along with the results obtained by digital computer simulation.

DC 621.397.3: 004

INDUSTRIAL CONTROL TRANSDUCERS

Muscleanu, I.a.o.: Intelligent Devices for Production Technology Control.

E.E.A.—*Automatica și electronica* 33, no. 2, June 1989, p. 91

The value of most chemical and petroleum products, water and hotwater transported through pipes and open canals, based on volumetric measurements has greatly increased in the last years. Considerable recent progress in I.P.A.'s design of monitoring equipment allow an extremely precise control of the production technologies.

RÉSUMÉS

CD 681.142: 621.3.088

INTÉGRATION

EQUATIONS DIFFÉRENTIELLES

Nicolau, Edm. et al: Une nouvelle méthode d'approximation des fonctions vectorielles à variable vectorielle et applications à la solution des équations différentielles non-linéaires.

E.E.A.—*Automatica și electronica* 33, no. 2, juin 1989, p. 56

Le programme d'intégration des équations différentielles non-linéaires fondé sur la principe ci-énoncé reprend d'une manière interactive les expressions des n équations différentielles ainsi que les n conditions initiales. Les solutions du système en fonction du temps et les projections de la trajectoire du système dans l'espace des phases étendu aux plans (x^i, x^j) peuvent être représentées graphiquement.

CD 621.397.3: 621—8

TRADUCTEURS

Enache, M. et al: CLIMAROM — système intégré pour surveiller la qualité de l'environnement.

E.E.A.—*Automatica și electronica* 33, no. 2, juin 1989, p. 59

Le système CLIMAROM constitue une série d'équipements conçus et fabriqués à IPA en vue de mesurer l'enregistrement, la transmission à distance et le traitement des données concernant l'environnement.

CD 621.315.05: 621.319.3: 628.512

SYSTÈMES AUTOMATIQUES

DÉFAUTS

GAZ NUISIBLES

Popescu, M. et al: Système pour détecter et signaler la présence de l'H₂S.

E.E.A.—*Automatica și electronica* 33, no. 2, juin 1989, p. 62

IPA a conçu et mis en fonction un système utilisable sur une plateforme industrielle caractérisée par la génération et le transport de hautes quantités d'H₂S à l'état liquide et gazeux.

CD 539.15

CONDUITE NUMÉRIQUE DISTRIBUÉE

Arhip, M. et al: Aspects concernant l'implémentation du système distribué de conduite des processus technologiques DISTRIPROM en industrie.

E.E.A.—*Automatica și electronica* 33, no. 2, juin 1989, p. 65

Dans ce travail on présente du point de vue structural-fonctionnel le système distribué de conduite des processus DISTRIPROM, précisant son importance dans la compétition mondiale. On y mentionne les applications en cours et en perspective immédiate.

CD 621.395.3

AUTOMATISATIONS

SYSTÈME DISTRIBUÉ DE CONDUITE

Serghiescu, D. et al: Conduite d'une installation de distillation à système distribué de conduite SDC 2050.

E.E.A.—*Automatica și electronica* 33, no. 2, juin 1989, p. 68

Le travail présente la conception d'un système de conduite du processus pour une installation de distillation à réglage optimum, du type système distribué de conduite, afin d'expérimenter ces types d'équipements.

CD 621.314.5

CONVERTISSEUR C.C.—C.C.

Freciu, D. et al: Convertisseur c.c.—c.c. à séparation galvanique de moyenne puissance, à paramètres techniques élevés et à haute fiabilité.

E.E.A.—*Automatica și electronica* 33, no. 2, juin 1989, p. 73

On y décrit la solution technique d'un convertisseur c.c. ayant des paramètres techniques élevés et une haute fiabilité, conçu pour le fonctionnement en régime CNE. On y présente en détail les problèmes tout particuliers de fiabilité et quelques mesures spéciales pour résoudre ces problèmes.

CD 65.012.3

SYSTÈME DE PROGRAMMES

Giurgiu, A.: Programmes pour surveiller les paramètres.

E.E.A.—*Automatica și electronica* 33, no. 2, juin 1989, p. 76

Le programme SUPRAV est destiné à la saisie des informations offertes par les installations d'automatisation sur le processus technologique à surveiller et à la transmission de ces informations à un niveau hiérarchiquement supérieur pour traitement et décision. (Le programme est appliqué aux systèmes informatiques ayant au minimum 2 niveaux hiérarchiques).

CD 531.5: 621.372.5

CONCEPTION DES FILTRES ACTIFS

FILTRES „PASSE-BAS” ET „PASSE-HAUT”

FONCTIONS DE TRANSFERT

Popescu, B. et al: Exemples de conception des filtres actifs à base de circuits intégrés hybrides H951 et H952 — filtres actifs universels 1. Filtres „passe-bas” et „passe-haut”.

E.E.A.—*Automatica și electronica* 33, no. 2, juin 1989, p. 77

On y analyse des exemples représentatifs pour la conception des filtres „passe-bas” et „passe-haut” à base de circuits intégrés hybrides H951 et H952 — filtres actifs universels. Selon certaines considérations théoriques on y présente les calculs de conception et les schémas électriques appropriés. Pour chaque cas les fonctions de transfert ont été obtenues par trois voies différentes: obtention à l'aide de l'or-

dinateur de la fonction de transfert théorique; simulation par ordinateur du schéma électrique et optimisation des caractéristiques moyennant les circuits mis en oeuvre. Finalement on analyse par comparaison les résultats obtenus.

CD 681.332: 621.97

INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

Algiu, M. et al: Système expert pour l'essai et l'auto-diagnostic dans les structures à multi-processeurs.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, no. 2, juin 1989, p. 83

Le système TESS assure des fonctions de détection rapide et localisation précise des modules hardware à défauts, de communications prompte et explicite des défauts engendrés au niveau du circuit à indiquer les possibilités de dépannage ou la nécessité de remplacer le module défectueux pour des équipements à configuration incluant l'UC MULTIPOM à microprocesseur 8086.

CD 621.316.5: 621.375.4

INVERSEUR

Mada, C. et al: Inverseurs à transistors de puissance pour sources d'alimentation sans interruptions.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, no. 2, juin 1989, p. 85

On y présente le principe de fonctionnement et les caractéristiques techniques d'un inverseur à transistors de puissance monophasé conçu à IPA.

CD 621.316.5

INVERSEUR TRIPHASÉ

Stanciu, D. et al: Analyse de l'inverseur triphasé à courant de phase quasi-sinusoidal.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, no. 2, juin 1989, p. 86

Dans ce travail on présente une analyse originale de l'inverseur triphasé à courant de phase quasi-sinusoidal à fonctionnement en charge active. On y décrit: le principe de fonctionnement, le schéma équivalent à l'aide des vecteurs Park, les méthodes typiques de commande pour obtenir le courant de phase quasi-sinusoidal modulation flottante par la caractérisation de l'onde modulatrice et modulation sinusoidale en durée) ainsi que les résultats obtenus par la simulation à l'aide de l'ordinateur digital.

CD 621.397—3: 004

TRADUCTEURS POUR CONTRÔLE INDUSTRIEL

Muscleanu, I. et al: Dispositifs intelligents pour le contrôle des technologies de production.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, no. 2, juin 1989, p. 91

La valeur de la plupart des produits chimiques et pétroliers, de l'eau froide et de l'eau chaude transportées par conduites et canaux ouverts, établie par mesure volumétrique, est bien supérieure les dernières années. Les progrès récents considérables dans la conception de l'appareillage de commande, obtenus par l'IPA — Bucarest, permettent le contrôle très précis dans le domaine des technologies de fabrication.

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof. dr. ing. C. APETREI ; dr. ing. I. BĂTRÎNA ; dr. ing. V. BUNEA ; prof. dr. ing. V. CĂTUNEANU ; ing. V. CECEONICĂ ; prof. dr. doc. șt. teh. ing. V. CORLĂTEANU ; prof. dr. ing. M. DRĂGANESCU ; prof. dr. ing. M. HANGANU ; prof. dr. doc. șt. tehn. ing. G. HORTOPAN ; ing. I. ILIESCU ; ing. V. LEFTER ; prof. dr. ing. C. MOCANU ; prof. dr. ing. A. NICOLAIDE ; ing. A. POPA ; dr. ing. VALERIUS STANCIU, redactor resp. adjunct ; dr. ing. FLORIN TEODOR TÂNAȘESCU, redactor responsabil.

Redactor principal : VIORICA ANASTASESCU

Tehnoredactor : CORNELIA CRISTESCU

Revista „ELECTROTEHNICA, ELECTRONICA ȘI AUTOMATICA” (E.E.A.), organ al Ministerului Industriei Electrotehnice, apare în cadrul Institutului de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Industria Electrotehnică (I.C.P.E.) București. Articolele propuse spre publicare și cererile de abonamente se vor trimite la redacția revistei București, Calea Vic-

toriei, nr. 133, telefon 50.40.90, int. 475 și 695, plata abonamentelor făcându-se prin mandat postal pe adresa : I.C.P.E., Bd. Tudor Vladimirescu, nr. 45—47, București, cont virament nr. 301700301 BNRSR, filiala sector 5. Costul unui abonament anual pentru unități industriale și instituții, ca și pentru persoane particulare este de 120 lei ; nu se fac decît abonamente integrale. Costul unui exemplar — 10 lei.

Cititorii din străinătate care doresc să se aboneze la revista E.E.A. — ELECTROTEHNICA, ELECTRONICA ȘI AUTOMATICA se pot adresa Întreprinderii „ILEXIM” — departamentul export — import presă — București — Calea Griviței nr. 64—66. P.O.B. — 2001 — Telex 01.12.26



Tiparul :

Întreprinderea Poligrafică „Informația”

București, str. Brezolanu nr. 23—25, cd. 1214

ELECTROTEHNICA, ELECTRONICA ȘI AUTOMATICA

ORGAN AL MINISTERULUI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

Automatica și electronica nr. 2

Automatica și informatica de proces. Stadiu și perspective în pragul aniversării a 30 de ani de existență a IPA

ARISTIDE PREDOI *

În noiembrie 1988, secretarul general al partidului, tovarășul Nicolae Ceaușescu, susținând promovarea fermă a retribuției după muncă, a principiilor eticii și echității socialiste, sublinia că „electronica, automatizarea trebuie folosite ca un mijloc pentru mai buna organizare a producției și a muncii, care să ușureze munca oamenilor, nu să-i elimine din activitatea productivă, nu să-i împingă la marginea societății, devenind șomeri” [1].

În acest spirit, aceste rînduri au drept scop să prezinte, trecînd printr-o scurtă schiță istorică, evoluția sistemelor automate corelate cu informatica de proces, sisteme aplicate în activitatea oricărei linii sau proces tehnologic al oricărei întreprinderi, activitate care cuprinde pe scurt trei faze: planificare, execuție și evaluare sau cum se explica în 1987 la al 10-lea Congres mondial al IFAC „plan”, „do” and „sec” [2].

Dacă dezvoltarea dispozitivelor de calcul mecanic are o istorie lungă de peste trei secole, implicînd nume de pionieri și înțelepți ca B. Pascal, W. Schichard, G. Leibniz ș.a. sau Charles Babbage, cu motorul analitic de acum un secol și calculatorul cu secvență automată a lui H. H. Aiken în 1944, istoria sistemelor de control automat este chiar mai lungă. Cu toate acestea, sînt doar ceva peste trei decenii de cînd am fost martorii unui sistem automat cu calculator numeric în 1950 în domeniul industriei chimice, unde un IBM 1700 a fost utilizat pentru a calcula mărimile de referință pentru reguletoarele convenționale analogice de tip PID. Cîțiva ani mai tîrziu Imperial Chemical Industries, Ltd. a realizat cu succes prima conducere directă cu calculator prin folosirea unui calculator Ferranti-Argus.

Informatica de proces a fost introdusă relativ lent pînă spre sfîrșitul lui 1960 cînd au apărut minicalculatoarele fiabile, flexibile și la un cost scăzut.

Sistemele automate de proces cu microcalculatoare au deschis un nou domeniu de apli-

cații cum ar fi conducerea numerică totală pentru procese mai mici unde sistemele automate cu calculatoare mari (în gabarit, nu în putere de calcul) nu s-au justificat economic.

Străpungerea din tehnologia microelectronică prin apariția microprocesoarelor în perioada 1975—1980 a condus la arhitectură de sisteme automate de conducere și informatică de proces de tipul celor distribuite sau multifuncțional distribuite și ierarhizate (Distributed Computer Control Systems = DCCS) [3], [4], [5], în care numai nivelul cel mai de jos are la bază legea de conducere prin reacție (feedback) convențională, celelalte nivele efectuînd monitorizare, supraveghere, logica de date, gestiune, programe de producție, planificare de resurse etc. Exemple tipice de aplicații sînt în procesele continui sau semicontinui din domeniile chimiei — petrochimiei, cimentului, energeticii, metalurgiei și alimentărilor cu apă.

Etapa după 1980 poate fi caracterizată drept deceniul sistemelor automate cu extinderea informaticii de proces și la procese discrete, datorită dezvoltării tehnologiei dispozitivelor semiconductoare și procedeele tehnologice asistate de calculator respectiv CAD, CAM, CAT și CAE, ceea ce a condus la Sistemele CIM, cu dezvoltarea în cadrul sistemelor automate a rețelelor de comunicație informatice de proces integrate de tip LAN în care cele trei faze amintite la început pot fi combinate funcțional printr-o cronologie către automatizarea fabricației pînă la optimizarea totală a funcționării de tip MAP (Manufacturing Automation Protocol).

Într-un asemenea stadiu de progres și rafinare a sistemelor automate și informaticii de proces se ajunge ca ponderea laturii de programe (software) să dețină o pondere valorică preponderentă între 50%—80% în raport cu latura hardware, programe care sînt cel mai puțin afectate de fenomenele de uzură și instabilitate în funcționare.

De asemenea, dacă în trecut termenul de „automatizare” se referea în special la procese

* Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Automatizări — București.

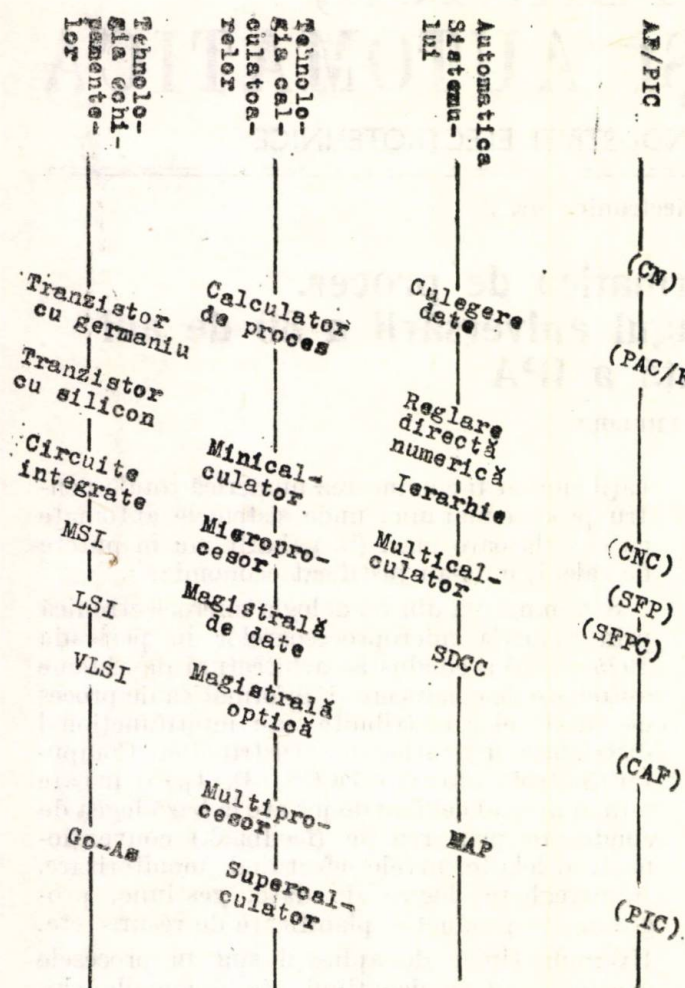


Fig. 1 — Cronologia automatizării fabricației

- AF — Automatizarea fabricației
PIC — Producție integrată cu calculatorul
CN — Comandă numerică
CNC — Comandă numerică cu calculator
PAC — Proiectare asistată de calculator
FAC — Fabricație asistată de calculator
SFP — Sisteme flexibile de producție
SFPC — Complexe de sisteme flexibile de producție
CAF — Calculator pentru automatizarea fabricației
RND — Reglare directă numerică
SDCC — Sisteme distribuite pentru controlul calculatoarelor
FA — Factory Automation
CIM — Computer Integrated Manufacturing
NC — Numerical Control
CNC — Computerized NC
CAD — Computer Aided Design
CAM — Computer Aided Manufacturing
FMS — Flexible Manufacturing Systems
FMC — Flexible Manufacturing Systems Complexes
DDC — Direct Digital Control
DCCS — Distributed Computer Control Systems
MAP — Manufacturing Automation Protocol

cu flux de materiale continui cum sînt gazele, lichidele și pulberile, în prezent s-a ajuns la extinderea sa pentru procesele cu materiale discrete, cum sînt liniile de laminare, liniile de

asamblare din industria de automobile și chiar din industria de electronică, mijloace de automatizare și tehnică de calcul.

Stadiul actual al progresului în sistemele automate și informaticii de proces a condus la diminuarea diferenței dintre automatizarea de proces (Process Automation) și automatizarea fabricației (Factory Automation) într-o denumire unificată automatizarea industrială (Industrial Automation) datorită performanțelor din domeniul reglării numerice, ceea ce a condus la unificarea soluțiilor reglării din procesele lente și procesele rapide.

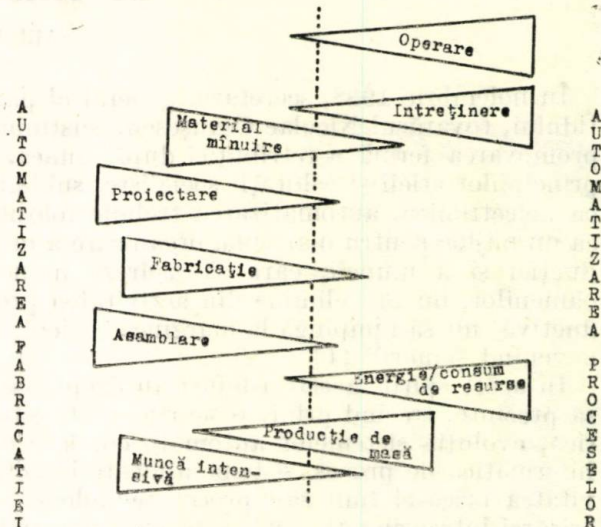


Fig. 2 — Automatizarea proceselor și automatizarea fabricației.

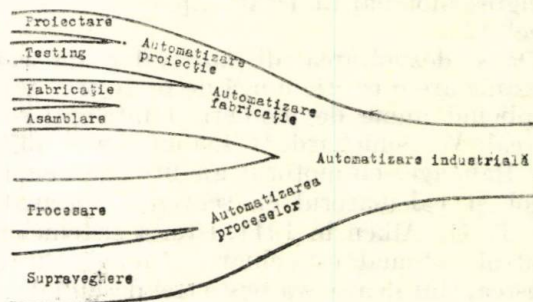


Fig. 3 — Unificarea celor două fluxuri de automatizare în automatizarea industrială.

Trebuie remarcat totodată că simultan cu avansul mai rapid creat de sistemele numerice în procesele discrete prin sistemele flexibile (Flexible Manufacturing Systems — FMS) ca urmare a progreselor din sistemele CNC (Computer Numerical Control), penetrează și în procesele continui procedeele CIM (Computer Integrated Manufacturing) care nu reprezintă un sistem automat complet neasistat ci are ca obiectiv un sistem om-mașină în care datele sînt generate, transferate, transformate și salvate prin procedeul informaticii de proces [6].

Desigur în acest marșrut al automatizării și informaticii de proces, nu putem să nu subli-

niem sistemele expert [7] bazate pe ingineria cunoașterii ca tehnologie de IA (Inteligență Artificială), ca un corolar al rafinării din domeniul dezvoltării tehnicii de calcul prin editarea grupei de mijloace — calculatoare personale, în același timp trebuie să inventariem, datorită progresului în domeniul prelucrării imaginii, sistemele de vedere artificială ca subsistem al inteligenței artificiale, atât de mult implicat în domeniul sistemelor flexibile atât de prelucrare cât și de asamblare, pentru controlul și diagnosticarea calității cât și pentru recunoașterea și identificarea formelor în domeniul robotizării, al controlului traficului său, al reactorilor nucleari și al componentelor laminarelor.

Dacă acestea ar fi aspectele de stadiu în general, care s-au manifestat și se manifestă pe plan mondial, aspectul cel mai important care trebuie avut în vedere este ca problemele rubricate să fie elaborate sistemic, eficient și durabil astfel încât să nu se prezinte o soluționare de problemă de paradă sau de modă.

În realizarea soluțiilor pentru asemenea probleme, s-a demarat elaborarea unui sistem denumit MULTIPROM [8] cuprinzând module electronice și de programe, tipizate, unificate, total comparabile cu realizările din tehnica actuală, în strinsă colaborare și chiar cooperare cu Fac. de Automatică din București și colectivele de cercetare din celelalte institute și din fabricile CIEA și chiar din CIETC.

Pe baza acestor module s-au dezvoltat componentele sistemului distribuit de conducerea proceselor denumit „DISTRIPROM” cu valorificarea imediată în domeniul chimiei și energeticii [9], [10].

De asemenea, s-au dezvoltat familiile de echipamente CNC 640 NUMEROM 11 în variantele pentru procese de prelucrări prin strunjire și frezare inclusiv mașini pentru conducerea roboților industriali CNC 770 și a poziționării cilindrilor laminarelor Cuarto, CNC 620L conduse prin calculator.

În vederea creării sistemelor ierarhizate destinate sistemelor pentru conducerea proceselor cât și pentru Sistemele flexibile au fost dezvoltate pe baza aceluiași module, minicalculatoarele de proces din familia ECAROM 886 împreună cu programele de testare și auto-diagnoză în structuri multimicroprocesor [12], [13].

S-a dezvoltat un sistem expert pentru proiectarea optimă a sistemelor flexibile de fabricație de tipul CIM destinat în primă instanță fabricației plachetelor circuite imprimate inclusiv multistrat și multiwire.

În domeniul recunoașterii, reprezentării și modelării formelor bi și tridimensionale pentru aplicații industriale s-a dezvoltat sistemul „AVIS” 14 cu o primă aplicație în domeniul vederii artificiale la instalațiile destinate contro-

lului suprafeței structurilor de siliciu, utilizate în domeniul microelectronicii, inclusiv ca utilaj prin care partea română se specializează în cadrul Programului Complex până în anul 2000.

Aplicații ale modulelor MULTIPROM s-au introdus și în echipamentele de dispecerizare și supraveghere trafic și sistem energetic la magistrala II-a METROULUI [15] cât și în dispecerul energetic al fabricii de motoare electrice Pitești, ca o premiză pentru generalizarea în toate fabricile de motoare din țară [16].

În cadrul programului de modernizare a proceselor tehnologice din industria electrotehnică, a fost elaborat echipamentul pentru conducerea sistemului flexibil de debitare și împachetare tole destinate circuitelor magnetice ale transformatoarelor la Întreprinderea de Motoare și Transformatoare — Filiași [17].

Pentru programul nuclear s-a realizat echipamentul MULTIPROM de conducere a standurilor pentru încercări seismice a amortizorilor la Întreprinderea Steaua Roșie — București.

În încheierea acestui istoric cu exemplificările care le-am citat, trebuie să menționăm ce am avut și ce avem în vedere când abordăm aceste soluții.

Elaborarea și introducerea acestor variante de echipamente din Sistemul MULTIPROM trebuie să o avem în vedere numai la locul potrivit, respectiv la obiectivele concepute pentru a fi automatizate, instruirea, de asemenea calificarea și atestarea cunoștințelor necesare personalului care preia aceste mijloace, sistematizarea priceperii și îndeminării celor mai potriviți oameni pentru aplicarea acestor mijloace și fundamentarea întregii acțiuni la nivel de costuri și termene comparativ mai bune decât aplicațiile anterioare.

Desigur că este puțin cam greu și chiar greu de crezut. Acest fapt ar fi valabil dacă n-am aborda problema ca pentru o adevărată echipă pe care am evocat-o că a cooperat și va coopera la acest sistem. Această echipă este uriașă, ea include colective, instituții, furnizori, foruri tutelare, chiar și organe de sinteză, instituții financiare, toate cele care doresc să se implice, altfel reușita nu numai că ar fi grea, dar chiar imposibilă.

În sensul ideilor cu care am început, al celor care le-am enumerat și al aplicațiilor, încheiem considerând că automatizarea, informatica de proces trebuie înfăptuită cu oamenii, pentru oameni.

Bibliografie

- [1] Nicolae Ceaușescu, Stadiul actual al societății socialiste românești și perspectivele dezvoltării sale viitoare, perfecționarea conducerii economico-sociale, dezvoltarea democrației muncitorești-revoluționare. Rolul statului și al organismelor democratice. Creșterea rolului Partidului Comunist Român și activitatea ideologică, politico-educativă, ridicarea nivelului de cunoaștere

- științifică, de cultură, a conștiinței revoluționare. Raportul de forțe și caracteristicile fundamentale ale situației internaționale. In: Știința, 29 noiembrie 1989.
- [2] *Narita Seinosuke*. The roles information technology in systems control. In: 10-th World Congress on Automatic Control, Volume 1, page 59—73, Editor R. Iserman, Munich, R.F.G., July 27—31, 1987.
- [3] *Dumitrache I., Sirbu M., Arhip M.* Sistemul distribuit de conducere a proceselor tehnologice, SDC-2050. In: 4-th International Conference on Control Systems and Computer Science, București, 1981, vol. I.
- [4] *Chamberlain, R.E.* Multifunctional Distributed Control System Design. In: Intech, aug. 87, 34—38.
- [5] *Hyland, Dennis*. Distributed. Process Control—A Commitment to the Process Industries. In: Intech oct. 87, 45—48.
- [6] * * * Computer Integrated Manufacturing that clearly boosts product quality at Corning Glass. In: Intech, sept. 1988, 14—15.
- [7] *Crișan I. A., Frățel, S.T.* ș.a. Sistem expert de proiectare tehnologică a modulelor cu microprocesoare pentru echipamente de automatizare. In: Lucrările „Seminari Inteligență Artificială” IPA, București—1988.
- [8] *Predoi A., Sirbu M., Dobrescu D., Lazăr I. S.* ș.a. MULTIPROM — Sistem tipizat de module, programe și soluții constructive pentru realizarea echipamentelor și instalațiilor industriale, studiu și perspective. In: Sesiunea Comunicări IPA, 1987, București.
- [9] *Dumitrache I., Sirbu M., Arhip M., Curcă V.* Sistemul informatic DISTRIPROM. In: Sesiune de Comunicări IPA, 1987, București.
- [10] *Enescu C., Curcă V.* ș.a. Sistem distribuit de conducere a proceselor tehnologice — DISTRIPROM. In: Simpozion de Teoria Sistemelor, Craiova 1988, vol. IV.
- [11] *Sirbu M., Purice G.* ș.a. Familie de echipamente de comandă numerică pentru mașini-unelte și roboți industriali NUMEROM 600. Realizări, aplicații. A XII-a sesiune de comunicări tehnico-științifice IPA — 1989 — iunie — București.
- [12] *Lazăr I. S.* ș.a. Familia ECAROM 886 — echipamente multiprocesor pentru supravegherea și conducerea proceselor tehnologice. In: A XII-a sesiune de comunicări tehnico-științifice IPA, iunie 1989, București.
- [13] *Gheorghe D., Cîrșu D.* ș.a. Sistem de calcul ierarhic superior pentru comanda sistemelor flexibile de prelucrare ECAROM 886 SFP. In: A XII-a sesiune de comunicări tehnico-științifice, IPA iunie 1989, București.
- [14] *Botu A., Sirbu V.* Sistem de vedere artificială pentru videoinspecție în microelectronică. In: CNETAC, București, 1988.
- [15] *Giuglan D., Guriță I.* ș.a. Sisteme informatice pentru dispecer energetic și dispecer de circulație la Meltroul București. In: A XII-a sesiune de comunicări tehnico-științifice IPA, iunie 1989, București.
- [16] *Predescu V., Biră M.* SIGEPEC — Sistem de gestiune a puterii consumate la întreprinderile industriale. In: A XII-a sesiune de comunicări tehnico-științifice IPA, iunie 1989 — București.
- [17] *Turbatu V., Mihăilescu L.* ș.a. Automatizarea unei linii flexibile pentru fabricația de miezuri de transformatoare. Criterii, concepții, performanțe. In: a XII-a sesiune de comunicări tehnico-științifice IPA, iunie 1989 — București.

CZ 681.142:621.3.083

INTEGRARE ECUAȚII DIFERENȚIALE

O nouă metodă de aproximare a funcțiilor vectoriale de variabila vectorială, aplicații în rezolvarea ecuațiilor diferențiale neliniare

EDMOND NICOLAU*, MIHAI PASCADI**, MANUELA PASCADI** — BUCUREȘTI

1. Introducere

1.1. Construirea funcției aproximante

Fie $f: D \subset R^n \rightarrow R^m$ o funcție vectorială de variabilă vectorială. Ne propunem aproximarea lui f prin aproximarea celor m componente ale sale pe un hiperparalelipiped $\prod_{i=1}^n [a_i, b_i] \subset D$.

Pentru fiecare asemenea subdomeniu vom avea câte o aproximantă distinctă.

Construirea funcției aproximante decurge la fel pentru toate cele m componente ale funcției f , fapt pentru care vom studia doar cazul unei componente al cărei indice convenim să-l omitem. În continuare prin f vom desemna una din componentele funcției f .

* Institutul Politehnic — București.

** Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Automatizări — București.

Studiul problemei pe subdomeniul $\prod_{i=1}^n [a_i, b_i] \subset$

$\subset D$ poate fi redus la studiul pe hiperparalelipipedul $[-1, 1]^n$ printr-o translație și o scalare corespunzătoare. Definim operatorii unari:

$$\tau: \prod_{i=1}^n [a_i, b_i] \rightarrow \prod_{i=1}^n [(a_i - b_i)/2, (b_i - a_i)/2]$$

$y = \tau \circ x = x - (a + b)/2$ de translație, în care: $x = (x_1, \dots, x_n) \in R^n$, $a = (a_1, \dots, a_n) \in R^n$, $b = (b_1, \dots, b_n) \in R^n$, respectiv $z = \sigma \circ y = (y_1/(b_1 - a_1), \dots, y_n/(b_n - a_n))$ de scalare.

Problema aproximării restricției lui f la

$\prod_{i=1}^n [a_i, b_i]$ se poate reduce la aproximarea unei funcții $g: [-1, 1]^n \rightarrow R$ astfel:

fie setul de $2n + 1$ puncte, $A_p \in \prod_{i=1}^n [a_i, b_i]$ având coordonatele după cum urmează:

A_0 de coordonate $(a+b)/2, (a, b \in R^n)$,
 A_{2k-1} de coordonate $(a+b)/2 - (a_k - b_k)/2 \cdot i_k$,
 i_k , i_k versorul axei k ,
 A_{2k} de coordonate $(a+b)/2 + (a_k - b_k)/2 \cdot i_k$,
 $k = 1, \dots, n$.

Valorile funcției în aceste $2n+1$ puncte se notează :

$$\varphi_p = f(A_p), p = 0, \dots, 2n.$$

Funcția g se alege prin definiție să satisfacă relația :

$$g(z) = f(\tau^{-1} \circ \sigma^{-1} \circ z).$$

1.2. Prima aproximație

Căutăm aproximația $\tilde{g}$ a funcției g de forma :

$$\tilde{g} : [-1, 1]^n \rightarrow R$$

$$\tilde{g}(z) = \sum_{i=1}^n (a_i z_i^2 + b_i z_i) + c.$$

Determinarea parametrilor c, a_i, b_i se face prin rezolvarea sistemului :

$$c = \varphi_0,$$

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & \dots & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 1 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ b_1 \\ a_2 \\ b_2 \\ a_3 \\ b_3 \\ \dots \\ a_n \\ b_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \varphi_1 \\ \varphi_2 \\ \varphi_3 \\ \varphi_4 \\ \varphi_5 \\ \varphi_6 \\ \dots \\ \varphi_{2n-1} \\ \varphi_{2n} \end{bmatrix}$$

Notind cu A matricea sistemului, se demonstrează că :

$$A^{-1} = A/2$$

și deci soluția sistemului devine :

$$\begin{bmatrix} a_1 \\ b_1 \\ \vdots \\ a_n \\ b_n \end{bmatrix} = \frac{1}{2} A \cdot \begin{bmatrix} \varphi_1 \\ \varphi_2 \\ \vdots \\ \varphi_{2n-1} \\ \varphi_{2n} \end{bmatrix}$$

Notind vectorul $(\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_{2n})^T$ cu φ și

vectorul $(z_1^2, z_1, \dots, z_n^2, z_n)$ cu z

$$\text{rezultă : } \tilde{g}(z) = 1/2 \cdot 3A \varphi,$$

relație care dă o primă aproximație (cu o funcție de gradul II în cele n variabile) a funcției g . Aproximanta lui f se deduce pe baza considerentelor introductive :

$$\tilde{f}(x) = \tilde{g}(\tau \circ \sigma \circ x) = 1/2 ((\tau \circ \sigma \circ x)_i)^2, \\ (\tau \circ \sigma \circ x)_i)_{i=1, \dots, n} \cdot A \cdot \varphi.$$

1.3. A doua aproximație

Se obține printr-o combinație ponderată a unui set de prime aproximații ale funcției f (respectiv g).

Fie punctele $B_0, \dots, B_{2^n-1}$ date prin relația :

$$B_p = \tau^{-1} \circ \sigma^{-1} \circ (b_{n-1}^p - 1/2, \dots, b_0^p - 1/2)$$

în care :

$$p = 0, \dots, 2^n - 1 \text{ și în plus :}$$

$$p = \overline{b_{n-1}^p, \dots, b_0^p}.$$

Aceste $2^n - 1$ puncte sînt centrele unor hiperparalelipede $D_p, p = 1, \dots, 2^n - 1$, congruente, avînd laturile de lungime $b_i - a_i, i = 1, \dots, n$.

Notăm cu f^p restricția lui f la D_p și cu g^p restricția lui g la $\sigma(\tau(D_p))$. Fiecare din cele $p = 1, \dots, 2^n - 1$ funcții g^p admite o primă aproximație $\tilde{g}^p$.

$\tilde{g}^p : \sigma(\tau(D_p)) \rightarrow R$. Hiperparalelipedele D_p au fost astfel alese încît :

$$\bigcap_{p=0}^{2^n-1} \sigma(\tau(D_p)) = [-1/2, 1/2]^n$$

și deci pe $[-1/2, 1/2]^n$ avem $2^n - 1$ aproximante ale funcției g ; printr-o combinație ponderată a acestora va rezulta a doua aproximație $\tilde{\tilde{g}}$,

$$\tilde{\tilde{g}} : [-1/2, 1/2]^n \rightarrow R,$$

$$\tilde{\tilde{g}}(z) = \sum_{p=0}^{2^n-1} \left[\tilde{g}^p(z) \prod_{i=1}^n (1/2 + \text{sgn}(b_i^p - 1/2) \cdot z_i) \right]$$

$\tilde{\tilde{g}}$ este o funcție polinomială de grad III în toate cele n variabile z_i .

Rezultă $\tilde{\tilde{f}} : R^n \rightarrow R$,

$$\tilde{\tilde{f}}(x) = \begin{cases} \tilde{\tilde{g}}(\tau \circ \sigma \circ x) & \text{dacă } x \in \bigcap_{p=0}^{2^n-1} (D_p)^{\text{not } \Delta}, \\ 0 & \text{în rest.} \end{cases}$$

Se demonstrează că funcția aproximantă pe $D \subset R^n$ a funcției f ,

$F: D \subset R^n \rightarrow R$ unde

$$D = \bigcup_{r=1}^s \Delta_r, \text{ (reuniune de hiperparalelipipede)}$$

$\tilde{f}_r: \Delta_r \subset D \subset R^n \rightarrow R$ (aproximanta pe Δ_r), definită prin:

$$F(x) \triangleq \sum_{r=1}^s \tilde{f}_r(x), \text{ este de clasă } C_1(D).$$

2. Integrarea sistemelor de n ecuații diferențiale neliniare de ordinul I folosind funcția aproximantă f

Ne propunem să prezentăm o metodă de rezolvare numerică a următoarei probleme Cauchy:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = f_1(x_1, \dots, x_n), \\ \dot{x}_2 = f_2(x_1, \dots, x_n), \\ \dots \\ \dot{x}_n = f_n(x_1, \dots, x_n), \end{cases} \quad \begin{cases} x_1(t_0) = x_1^0, \\ x_2(t_0) = x_2^0, \\ \dots \\ x_n(t_0) = x_n^0. \end{cases}$$

Fie dezvoltarea în serie Taylor a compo-

nentei x_k în jurul lui t_0 :

$$x_k(t) = x_k(t_0) + (t - t_0) \cdot \dot{x}_k(t_0)/1! + \\ + (t - t_0)^2 \cdot \ddot{x}_k(t_0)/2! + \dots$$

Observăm că:

$$x_k(t_0) = x_k^0,$$

$$\dot{x}_k(t_0) = f_k(x_1^0, x_2^0, \dots, x_n^0),$$

$$\ddot{x}_k(t_0) = d/dt(f_k) = \sum_{i=1}^n (\partial f_k / \partial x_i) \cdot (dx_i/dt) = \\ = \sum_{i=1}^n (\partial f_k / \partial x_i) f_i,$$

$$\ddot{x}_k(t_0) = d/dt(df_k/dt) = \sum_{i=1}^n \left[\sum_{j=1}^n (\partial^2 f_k / \partial x_j \partial x_i) \cdot \right. \\ \left. \cdot f_j \cdot f_i + (\partial f_k / \partial x_j) \cdot S_i \right],$$

$$\text{cu } S_i = \sum_{j=1}^n (\partial f_i / \partial x_j) \cdot f_j,$$

etc

Trunchiind seria Taylor la primii patru termeni și aproximind derivatele parțiale ale funcțiilor f_k prin derivatele parțiale ale funcțiilor apro-

ximante $\tilde{f}_k$, rezultă o formulă de integrare a sistemului de ecuații diferențiale dat:

$$x_k(t_0 + h) \cong \dot{x}_k(t_0) \cdot h/1! + \ddot{x}_k(t_0) \cdot h^2/2! + \\ + \ddot{x}_k(t_0) h^3/3! + x_k(t_0),$$

unde:

$$x_k(t_0) = x_k^0,$$

$$\dot{x}_k(t_0) = f_k(x_1^0, \dots, x_n^0),$$

$$\ddot{x}_k(t_0) = \sum_{i=1}^n (\partial \tilde{f}_k / \partial x_i) \cdot f_i,$$

$$\ddot{x}_k(t_0) = \sum_{i=1}^n \left[\sum_{j=1}^n (\partial^2 \tilde{f}_k / \partial x_j \partial x_i) \cdot f_j \cdot f_i + \right. \\ \left. + (\partial \tilde{f}_k / \partial x_i) \cdot \sum_{j=1}^n (\partial \tilde{f}_j / \partial x_j) \cdot f_j \right].$$

Precizia metodei în cazul în care s-ar dispune de valorile exacte ale derivatelor ar fi $O(h^4)$, dar datorită aproximării câmpului vectorial și a calculului derivatelor pe baza câmpului vectorial aproximant, precizia estimată este $O(h^3)$.

3. Prezentarea programului realizat și a unor rezultate obținute

Programul de integrare a ecuațiilor diferențiale neliniare bazat pe principiul prezentat anterior prezintă expresiile celor n ecuații diferențiale precum și cele n condiții inițiale. Soluțiile sistemului în funcție de timp precum și proiecții ale traiectoriei sistemului din

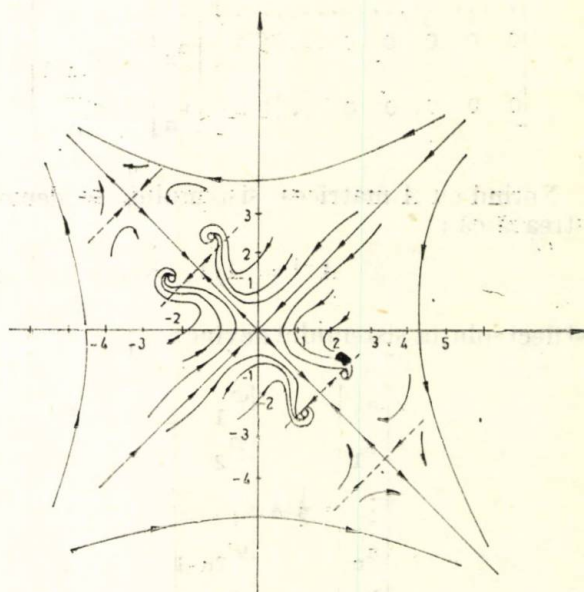


Fig. 1

spațiul fazelor extins pe plane ($x^{[1]}$, $x^{[2]}$) pot fi reprezentate grafic la cererea utilizatorului.

Pentru ilustrarea celor de mai sus se prezintă în continuare soluțiile sistemului de ecuații diferențiale :

$$\begin{cases} \dot{x} = -x - f(y), \\ \dot{y} = -y - f(x), \end{cases} \text{ în care } f(x) = \frac{x^5}{5} - \frac{5}{3}x^3 + 4x$$

obținute cu ajutorul programului prezentat.

CZ 621.397.3: 621—8

TRADUCTOARE

Climarom — sistem integrat pentru supravegherea calității mediului înconjurător

ENACHE MIHAI, CIUREA EUGEN, VÂNCĂ LUCIAN* — CONSTANȚA

Generalități

CLIMAROM reprezintă cea mai tânără marcă de fabrică aflată în curs de înregistrare la OSIM și reunește în dorința autorilor — cel puțin în etapa actuală — familia de aparate CLIMATEST concepute la Filiala I.P.A. din Constanța cu familia MULTIPROM aflată deja în plină maturitate tehnologică

$$\boxed{\text{CLIMAROM}} = \boxed{\text{CLIMA}} \boxed{\text{TEST}} + \boxed{\text{MULTIP}} \boxed{\text{ROM}}$$

Familia CLIMAROM reunește echipamente tipizate destinate realizării de sisteme informatice de proces în vederea măsurării, înregistrării, transmiterii la distanță și prelucrării de date privind mediul înconjurător.

Familia CLIMATEST cuprinde atât traductoare destinate măsurării unor parametri climatici — cit și convertoarele electronice aferente traductoarelor — pentru a le asigura compatibilitatea cu orice tip de sistem de achiziție de date.

Parametrii mășurați pot fi date meteorologice, hidrologice, de calitate a apei sau aerului, geologice sau fond de radiație.

Utilizatorii principali sînt hidrometeorologia, agricultura, protecția mediului, siguranța navigației maritime sau aeriene.

Valorile parametrilor mășurați sînt transmise în unități de prelucrare și afișare a informațiilor în timp real sau după stocare, într-o bancă de date de fabricație I.P.A. (MULTIPROM, GAMMA, TELEROM) sau de alte unități (I.E.A. București, I.E.A. Cluj Napoca, I.P.R.S. etc.).

Prelucrarea datelor în unități hardware din familia MULTIPROM sau ECAROM asigură accesul la date și respectiv transferul de date la orice tip de echipamente periferice sau la sisteme ierarhice superioare.

1. Utilizare și componente

Concepția de sistem precum și de utilizare a fluxului de date culese, înregistrate sau prelucrate respectă ultimele prevederi ale Organizației Meteorologice Mondiale și ale Agenției Internaționale pentru Energia Atomică (AIEA) cu sediul la VIENA — ambele organisme aflîndu-se sub egida O.N.U.

În ceea ce privește aparatura de măsură primară — traductoarele pentru parametrii meteorologici — la I.P.A. Filiala Constanța s-au conceput și omologat următoarele produse :

- anemometru și convertor electronic — pentru determinarea vitezei vîntului în plan orizontal ;
- giruetă și convertor electronic — pentru determinarea direcției vîntului în plan orizontal ;
- giruetă — pentru determinarea direcției vîntului în plan vertical ;
- piranometru — pentru determinarea intensității radiației solare globale ;
- bilanțmetru radiativ — pentru determinarea bilanțului radiației solare la nivelul solului ;
- pluviometru și convertor electronic — pentru determinarea cantității de precipitații în echivalent lichid ;

Caracteristicile tehnice de detaliu și performanțele acestor aparate sînt prezentate în tabelul 1.

Împreună cu alte traductoare realizate la I.T.R.D. Pașcani, I.E.A. București, I.A.U.C. București sau I.A.E.M. Timișoara, traductoarele realizate la I.P.A. Constanța acoperă practic întreg domeniul amintit — la începutul prezentării.

Conectarea traductoarelor prin echipamente de achiziție, concentrare de date sau teletransmisie la unități de calcul de diferite capacități sau la echipamente dedicate asigură realizarea

* Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Automatizări — Filiala Constanța.

Traductoare destinate măsurării valorii parametrilor climatici

Tabelul 1

Denumirea senzorului	Anemometru	Giruetă orizontală	Giruetă verticală	Pluviometru	Piranometru	Bilanțmetru radiativ
Cod I.P.A.	AC—020	GH—020	GV—020	PL—020	RG—010	RN—010
Parametru măsurat	viteză vînt în plan orizontal	direcție vînt în plan orizontal	direcție vînt în plan vertical	precipitații în echivalent lichid	radiație solară globală	radiație solară netă
Domeniu de măsurare	0...50 m/s	0...360°	—60° ... 0 ... +60°	0 ... 100 l/m ² h (0 ... 100 mm)	0 ... 1250 W/m ²	—250 ... +1250 W/m ²
Sensibilitate	0,5 m/s	0,5 m/s	0,5 m/s	0,05 l/m ² 0,05 mm	50 W/m ²	±50 W/m ²
Precizie de măsură (eroare relativă)	±0,25 m/s (V < 3 m/s) ±10% (V > 3 m/s)	± 3°	± 3°	±0,01 /m ² ±0,01 mm	±70 W/m ²	±70 W/m ²
Principiu de funcționare	rotor crenelat și optocuplor	disc codat GRAY 6 biți	traductor de deplasare magnetoelectric	numărător de picături	baterie de termocuple	baterie de termocuple
Alimentare/cosum	15 V.c.c./200 mA	15 V c.c./200 mA	15 V.c.c./50 mA 24 V.c.c./50 mA	15 Vc.c./100 mA	—	—
Semnal la ieșire	T.T.L. sau tensiune modulată în frecv. (0—15 V)	cod GRAY — T.T.L. sau 0—15 V	0...10 V; 2...10 mA sau 4 ... 20 mA	T.T.L. sau modulată în frec. (0—15 V)	0 ... 10 mV	—2 ... + 10 mV
Degivrare (consum)	30 W (24 V.c.c.)	30 W (24 Vc.c.)	30 W (24 Vc.c.)	500 W (220 Vc.c.)	—	—
Convertor pentru semna unificat	CVV — 010 (I.P.A.)	CDH — 010 (I.P.A.)	—	CPL — 010 (I.P.A.)	SRA 1601 (I.E.A.)	SRA 1601 (I.E.A.)
Greutate (kg)	1,8	1,8	1,8	7,0		
Tip conector (mufă)	CMA 27-24T6	CMA 27—24T6	CMA 27-24T6	—	—	—
Protecție climatică (clasă)	IP 54		IP 50		IP 54	
Condiții de funcționare climatică	Temperatură: — 25 ... +45°C; umiditate: 20...100%; precipitații lichide și solide.					

unor configurații flexibile și extensibile care pot acoperi multiple solicitări ale economiei naționale, cum ar fi :

- programe de măsurători hidrometeorologice și climatice;
- prognoze meteorologice și agrotehnice;
- sisteme de supraveghere a protecției mediului ambiant în amplasamentul sau în apropierea unor complexe industriale;
- evaluarea potențialului energetic al resurselor neconvenționale regenerabile (soare, vânt, bioenergie și biotehnologii);

— protecția navigației maritime și aeriene.

Pe baza acestor echipamente I.P.A. proiectează, execută și livrează „la cheie” diferite tipuri de instalații sau sisteme — dintre care unele se află deja în exploatare sau în faze de punere în funcțiune — cum ar fi „Stația meteorologică automată” — tip SMA — 010 de la Institutul de Cercetări pentru Irigații și Drenaje de la Băneasa Giurgiu — sau „Sistemul de supraveghere meteorologică și a fondului de radiație gama” din amplasamentul Centralei Nucleare electrice de la Cernavodă.

În continuare se va descrie pe scurt sistemul de la I.N. Cernavodă — ca o primă aplicație de anvergură a CLIMAROM-ului.

2. Performanțe

Sistemul este destinat să îndeplinească un program de măsurători meteorologice și de fond de radiație gama în vederea estimării gradului de infectare a mediului înconjurător ca urmare a evacuării de către I.N.C. a unor materiale nocive în atmosferă — în mod normal — constant — sau cu caracter accidental.

Totodată se asigură datele necesare în vederea unor eventuale acțiuni de decontaminare sau evacuare a populației exclusiv din zonă prin cunoașterea la un nivel corespunzător a evoluției fenomenelor de dispersie.

Parametrii mășurați sînt următorii :

- viteza și direcția vîntului în plan orizontal — la trei nivele;
- direcția vîntului în plan vertical — la trei nivele;
- gradientul termic al temperaturii aerului — la trei nivele;
- temperatura și umiditatea aerului — la cota + 10 m;
- radiația solară globală și bilanțul radiativ net — la sol;
- precipitațiile în echivalent lichid — la sol.

Funcțiile instalației sînt următoarele :

- culegere de date privind parametrii meteorologici conform unui program prestabilit;
- înregistrare locală, permanentă, a valorii parametrilor mășurați în înregistratoare cu diagramă de hîrtie;
- conversia în valori ingineresti a datelor privind parametrii;

- calculul mediei pe 15 minute, 1 oră și 24 ore a valorii parametrilor;
- comparația și semnalizarea unor depășiri de valori normale;
- calculul unor valori statistice specifice : dispersii, fluctuații, maxime, minime, medii glisante;
- afișarea locală a raportului de date (protocol de informare) la apelare, în orice moment;
- transmiterea automată, prin linie telefonică — în vederea tipăririi pe o imprimantă, a protocolului de informare din 15 în 15 minute.

Structura hardware este adaptată la condițiile de nivel de securitate nucleară IV — conform normativelor AQ — 04 și conține în principal două microcalculatoare ECAROM 881M funcționînd în sistemul „rezervă caldă”.

Programele de aplicație întocmite de I.P.A. pentru microcalculatorul ECAROM 881M este adaptat cerințelor temei beneficiarului după algoritmul impus de tematica recomandată de A.I.E.A.

Prin pachetele de programe realizate se asigură pornirea automată a sistemului la deschiderea alimentării și comutarea automată la perifericul de transfer al datelor la punctul operativ a unuia din cele două microcalculatoare ECAROM 881.

Programele sînt concepute modular, fapt ce permite modificări în funcție de cerințele suplimentare sau modificarea unor normative funcție de reglementările internaționale.

În final — toate informațiile sînt oferite sub formă de protocol — afișat pe display sau pe imprimantă — automat din 15 în 15 minute sau la cerere.

Prin concepție — I.P.A. a asigurat o siguranță mărită în exploatare — lucru ce se realizează în principal prin următoarele :

- datele primare din măsurători sînt înregistrate pe înregistratoare cu diagramă de hîrtie, direct de la senzori — după conversia în semnal unificat;
- această primă parte a sistemului (senzori, convertitoare electronice și înregistratoare) este prevăzută cu alimentare separată cu acumulatori în tampon și inverter de rezervă;
- aceleași semnale care intră în înregistratoare sînt preluate de microcalculator și prelucrate conform programelor de aplicație.

Cele două unități de calcul distincte sînt practic două microcalculatoare separate care lucrează în sistem „rezervă caldă” — primind informațiile de la un singur sistem de traductoare comun pe intrare. Prin programe adecvate cele două unități de calcul se supraveghează permanent, oricare din ele avînd posibilitatea să fie „master” — în mod automat. Prin progra-

mele de autotestare se sesizează defectarea unuia din cele două calculatoare și se conectează automat rezerva pe linia de transfer a informațiilor către perifericul beneficiar.

Cele două calculatoare sînt alimentate permanent de la o sursă de alimentare de 24 V c.c. cu acumulatori în tampon.

3. Concluzii

Prin realizarea în țară a acestui sistem începînd cu configurația de ansamblu, cu concepția

și omologarea în I.P.A. a unor traductoare specializate, continuînd cu includerea în schemă a unor echipamente care la data întocmirii proiectului tehnic erau în stadii incipiente de asimilare în alte unități și terminînd cu certificarea în luna septembrie prin proba de 500 ore pe platforma de integrare din I.E.A. — se poate afirma că acest obiectiv din cadrul complexului I. N. Cernavodă reprezintă un important pas înainte al industriei electrotehnice românești.

CZ 621.315.05; 621.317.3; 628.512

SISTEME AUTOMATE
DEFECTARE GAZE NOCIVE

Sistem pentru detectarea și semnalizarea prezenței H_2S

MIHAI POPESCU, AUREL MOGOȘAN, VICTOR CRĂETE, VICTOR CIOBANU* — BUCUREȘTI

Introducere

Dezvoltarea continuă a industriei românești în principal a industriei construcțiilor de mașini și de producere a energiei, a condus la cerințe de noi materiale și materii prime obținute în parte din industria chimică ajungîndu-se implicit la dezvoltarea acestei ramuri industriale și diversificarea proceselor tehnologice utilizate în acest sens.

Natura mediilor utilizate în unele dintre aceste procese tehnologice, are un puternic caracter toxic, apariția în mediul ambiant de concentrații peste o anumită limită putînd crea situații extrem de periculoase atît pentru personalul de exploatare, populație, șeptelul și vegetația din zonă, cît și pentru instalațiile tehnologice de pe platforma industrială.

În scopul prevenirii și evitării unor asemenea situații, a apărut din ce în ce mai frecvent necesitatea unui control riguros al purității ambianțului pe unele platforme industriale.

În cele ce urmează este prezentat un sistem prevăzut a fi utilizat pe o platformă industrială unde principalul pericol îl constituie existența unor cantități foarte importante de H_2S în fază lichidă și gazoasă și a căror scăpare necontrolată în mediul ambiant ar putea pune sub semnul întrebării atît activitatea cît și existența normală în zonă.

1. Soluția tehnică

Soluția tehnică privind controlul și supravegherea mediului este ierarhizată pe trei nivele realizîndu-se următoarele funcții astfel:

— Nivel „O”

Măsurarea continuă a nivelului concentrației de H_2S în mediul ambiant.

— Nivel I

Interfață de proces care preia semnalele analogice de la nivelul „O”.

— Nivel II

Sistemele de minicalculatoare.

1.1. Nivelul „O”

2 Măsurarea continuă a nivelului concentrației de H_2S în mediul ambiant;

— semnalizarea optică și acustică la depășirea diferitelor limite de creștere a concentrației de H_2S în mediul ambiant;

— declanșarea eșalonată și/sau simultană a diferitelor sisteme de siguranță în cazul atingerii limitei periculoase de H_2S în aer;

— transmiterea semnalului la nivelul I.

Realizarea celor propuse mai sus se preconizează a se îndeplini cu aparatură integral fabricată în țară. Elaborarea acestei aparaturi a revenit Institutului de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Automatizări, parcurgînd pînă în prezent următoarele faze:

— cercetarea elaborării senzorului pentru hidrogen sulfurat;

— elaborarea modelului experimental și experimentarea acestor senzori;

— elaborarea și experimentarea „adaptorilor pentru senzorul de H_2S ”;

— introducerea în fabricație și omologarea atît a senzorului cît și a adaptorului.

1.1.1. Senzorul de H_2S în aer

Funcționarea detectorului se bazează pe modificarea rezistivității unui strat semiconductor

* Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Automatizări București.

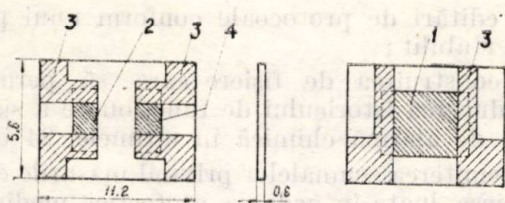


Fig. 1. Structură suport cu elementele sensorului.

- 1 — Oxid metallic pentru măsurarea concentrației de H_2S
- 2 — Rezistență de încălzire
- 3 — Terminale de contact electric
- 4 — Termistor pentru citirea temperaturii
- 5 — Ceramică aluminosă.

în prezența hidrogenului sulfurat. Fenomenul care determină funcționarea detectorului este bazat pe absorbția H_2S la suprafața stratului sensibil.

Selectivitatea sensorului este controlată prin menținerea temperaturii acestuia la o valoare cât mai constantă în jur de $200 \dots 250^\circ C$.

Menținerea temperaturii se realizează prin intermediul unui regulator, montat în carcasa sensorului, a cărui mărime de intrare este variația rezistenței termistorului și a cărei ieșire debitează pe rezistența de încălzire. Valoarea prescrisă a regulatorului este fixă și se stabilește la fabricația regulatorului.

Rezistența de măsură variază în raport cu creșterea concentrației în sens descrescător.

Caracteristicile sensorului

- funcționare în mediu exterior exploziv și deschis. (execuția antiexplozivă omologată Ex Se II BT5);
- temperatură mediu ambiant $-30 \dots +45^\circ C$;
- umiditate relativă a aerului 90% la $20^\circ C$;
- solicitări mecanice în timpul utilizării;
- intervalul de măsură $0^\circ \dots 100$ ppm H_2S ;
- mărime de ieșire: rezistență pasivă cuprinsă între $10 \div 100$ K;
- tensiunea de alimentare 24V c.c.;
- timp de intrare în regim 3 ore;
- etalonarea punctului de „0”: utilizând azot;
- etalonarea punctului de maxim: probă etalon H_2S în aer de concentrație 100 ppm;
- timp de răspuns 30 s la 20 ppm H_2S ;
- timp de revenire 45 s;
- sensibilitatea 50% pentru 100 ppm;
- precizia de măsură $\pm 20\%$ din valoarea măsurată;
- repetabilitatea ± 5 ppm (pentru punctul de etalonare 15 ppm);
- puterea consumată 12W;
- grad de protecție IP 5.4;
- legarea la adaptorul rezistiv se face prin 4 fire la o distanță maximă de 1500 m;
- durata de serviciu 1 an.

NOTĂ: Pentru senzorii montați în carcase normale fără protecție Ex, timpii de răspuns și cei de revenire se micșorează sensibil.

Constructiv ansamblul sensor regulator este realizat într-o carcasă antiexplozivă, cu fixare pe perete vertical ale cărei dimensiuni sînt 130×80 mm.

1.1.2. Adaptor cu indicare și contacte pentru traductor rezistiv tip AIS

Produsul fiind un aparat secundar dintr-un circuit de măsură al rezistenței este utilizat în acest caz pentru măsurarea concentrației de H_2S în aer, împreună cu senzorul de H_2S .

Aparatul secundar afișează analogic mărimea măsurată și semnalizează două valori care se pot prescrie în domeniul $0^\circ \dots 100\%$ și care scot comenzi tot-nimic la ieșire.

Aparatul realizează de asemenea funcția de adaptor tensiune avînd ieșire de $0 \div 5$ V în raport cu concentrația de H_2S .

Adaptorul realizează conversia rezistenței în tensiune cit și semnalizarea limitelor prescrise prin intermediul unor circuite integrate.

Adaptorul permite următoarele reglaje, pentru ajustarea la senzorul de H_2S :

- reglaj de zero;
- reglaj domeniu maxim indicare;
- reglaj domeniu maxim semnal ieșire;
- reglaj semnalizare limită inferioară;
- reglaj semnalizare limită superioară;
- reglaj simulare senzor cu concentrație 100%;
- reglaj balans.

NOTĂ: Adaptorul conține o cheie specială care atunci cînd este introdusă într-un lăcaș special destinat, aduce întregul circuit de măsură în situația de concentrație 100%, verificînd astfel corecta funcționare a întregului circuit.

După extragerea cheii circuitul revine în situație normală de lucru.

Constructiv aparatul este realizat pe o placă de circuit imprimat dublu strat cu găuri metalizate, avînd un panou frontal de afișare a valorii de măsură și a semnalizărilor.

Pe o placă sînt realizate două adaptoare pentru doi senzori, avînd ca parte comună numai aparatul indicator, care se comută manual pe canalul dorit.

Dimensiunile sînt standardizate fiind identice cu dimensiunile EUROCARD dublu, ceea ce facilitează compatibilitatea realizării echipamentelor cu asemenea monitoare împreună cu echipamente realizate în sistemul de reglare automată SRA sau de interblocare și securitate SIS.

Caracteristici tehnice:

- semnal de intrare $10 \div 100$ K;
- coeficient de descrescere al rezistenței $K = 2 \div 4$;

- rezistența de sarcină pentru semnalul de ieșire: minim 100 K;
- clasa de precizie $\pm 1,5\%$
- domeniul de fixare a tensiunii de referință pentru limitele de semnalizare: 0 ... 6,8 V;
- rezoluția de fixare a limitelor de semnalizare $\pm 0,1\%$;
- repetabilitatea semnalizărilor de limită: $\pm 0,5\%$;
- alimentare + 24 V c.c.; -15% ; $+10\%$; $+15\text{V c.c.}; -15\text{V c.c. } \pm 2\%$;
- consum maxim 500 mA la 24V; maxim 100 mA la $\pm 15\text{V}$.
- produsul împreună cu senzorul sînt executate în conformitate cu studiul ICPE pentru produse speciale „G” în următoarele condiții:
- Zona de amplasare III pentru adaptor (fără H_2S) și II (cu H_2S) pentru senzor;
- clasa de securitate: „0”;
- categoria de asigurare a calității: 2
- calificare seismică: B

Fiabilitatea previzibilă a adaptorului în execuție specială „G” (cu componente reomologate pentru această categorie de produse), definită prin media timpului de bună funcționare (MTBF), pentru nivel de încredere $P^* = 0,9$ și o durată de funcționare de 20.000 ore.

Pentru produse în execuție normală $P^* = 0,8$ și durată de funcționare de 10.000 ore.

1.2. Nivel „1”

Interfața de proces, preia semnalele analogice 0—5 V de la nivelul „0” și realizează următoarele:

- compararea mărimilor măsurate cu limitele prescrise;
- afișarea automată și/sau la cerere, în mărimi ingineresti a valorilor măsurate;
- afișarea și integrarea automată a parametrilor ieșiți din limite;
- transmiterea datelor la nivelul „2”.

Realizarea acestui nivel este prevăzută a se face cu echipamente tip ECAROM, în fabricație curentă.

1.3. Nivelul „2”

Sisteme cu minicalculatoare care sînt interconectate cu sistemul „1” și realizează următoarele:

- afișarea automată și/sau la cerere în mărimi ingineresti a valorilor măsurate;
- afișarea și înregistrarea automată a parametrilor care au ieșit din limite;
- înregistrarea pe întreaga perioadă de ieșire (prealarmă și alarmă) a parametrilor;
- discriminarea automată a punctului sau zonei care a produs apariția alarmei;

— editări de protocoale conform unui program stabilit;

— construirea de fișiere care să permită reproducerea istoricului de funcționare a sistemului de alarmă chimică în ultimele 24 ore;

— emiterea semnalelor privind măsurile care trebuie luate în vederea protecției mediului ambiant și a instalației;

— înregistrarea datelor meteorologice stabilirea concentrațiilor de H_2S în raport cu acestea.

Acest nivel este prevăzut a fi realizat cu sisteme de calculatoare din familia „Independent”.

La aceasta va fi conectată o stație automată meteo, ale cărei măsurători vor servi atât la stabilirea hărții de răspîndire a noxelor, cît și a direcției de deplasare a eventualelor fronturi.

2. Rezultatele experimentărilor

În urma tuturor experimentărilor efectuate soluția prezentată este în concordanță cu cerințele instalației tehnologice. În timp de 4 luni a experimentării a 4 și apoi a 8 senzori, cuplați la adaptoarele pentru traductoare rezistive (4 buc.) se pot concluziona următoarele:

- funcționarea foarte bună a sistemului adaptor-senzor;
- fiabilitate bună (timp de 4 luni nu s-au produs modificări în funcționare sau defecțiuni);
- soluția tehnică privind realizarea suportului elementului sensibil, rezistenței de încălzire, termistorului și a regulatorului de temperatură a fost corectă;
- soluția constructivă aleasă a fost avizată de institutul de specialitate din Petroșani.

3. Comparație cu nivelul existent pe plan mondial

Din studierea literaturii de specialitate, rezultă că soluția tehnică prevăzută a fi utilizată la nivel „0” este compatibilă cu aceea folosită de firme de renume, fiind astfel la nivelul practicii mondiale.

Prin completarea soluției tehnice de la nivelul „0” cu funcțiunile realizate la nivelele „1” și „2”. Se apreciază că la nivelul informațiilor pe care le deținem, practica mondială este depășită, utilizatorul dispune în fiecare moment de date suficiente care să-i permită refacerea istoricului privind evoluția apariției și răspîndirii noxelor în mediul ambiant.

4. Considerente economice

Efectele economice pe care se scontează în cazul utilizării unor astfel de sisteme se bazează pe sesizarea și depistarea începutului de scăpări necontrolate de H_2S în atmosferă. Pe

baza acestor informații pot fi luate măsuri imediate de remediere a defectelor apărute, evitându-se astfel pierderi de producție estimate la 1% până la 3% pe an.

În cazurile de accidente grave, cum ar fi ruperea unei conducte sub presiune de H_2S , sesizarea rapidă a accidentului, prin apariția de concentrații periculoase de H_2S în mediul ambiant, permite acționarea în timp util a sistemelor de siguranță și protecție și conduce la evitarea unor consecințe catastrofale a căror valoare economică este inestimabilă.

5. Concluzii

Controlul purității mediului, în principal în zona platformelor industriale cu concentrări mari de noxe devine din zi în zi mai necesar în scopul prevenirii și evitării unor accidente grave, iar în cazul apariției acestora în scopul reducerii la minimum a consecințelor.

Preocupări în acest sens și în principal în scopul asigurării bazei materiale necesare există atât în cadrul IPA cât și la unitățile CIEA, în mod deosebit producerea de senzori urmînd a fi dezvoltată în perioada imediat următoare după un program stabilit.

CZ 539.15

CONDUCERE NUMERICĂ DISTRIBUITĂ

Aspecte privind implementarea sistemului distribuit de conducere a proceselor tehnologice DISTRIPROM în aplicații industriale

MIHAI ARHIP, VASILE CURCĂ, CRIȘAN ENESCU, MAGDA TĂNASIE,
GHEORGHE PALADE, MARIN NEAMȚU, MARIUS POPESCU* — BUCUREȘTI

Introducere

După realizarea și punerea în fabricație de serie la întreprinderea Automatica a primului sistem distribuit de conducere a proceselor tehnologice conceput în țară — SDC 2050 — Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Automatizări a abordat în cadrul unei noi lucrări dezvoltarea conceptului de sistem distribuit de conducere și realizarea unui nou sistem, evoluat comparativ cu primul și care a fost denumit DISTRIPROM.

Sistemul SDC 2050 este destinat conducerii proceselor tehnologice relativ lente cum sînt spre exemplu cele din industriile chimică sau metalurgică. Sistemul este ierarhizat pe două nivele, la nivelul inferior găsindu-se distribuite echipamentele de interfață cu procesul cum sînt regulatoarele și echipamentele de achiziție de date iar la nivelul ierarhic superior găsindu-se echipamentele din camera de comandă: calculatorul de conducere sau supraveghere a procesului și consolele operatorilor de proces. Echipamentele de la ambele nivele sînt interconectate prin intermediul unei magistrale de comunicație redundante lucrînd la viteza de 250 k Bd. Comunicația se desfășoară sub controlul unui director de trafic a cărui sarcină principală este acordarea priorităților

de acces la magistrală a echipamentelor de la nivelul ierarhic superior. În componența sistemului pot intra maximum 64 echipamente care pot asigura conducerea unui proces cu maximum 1200 variabile.

Cu toate că un astfel de sistem este acoperitor pentru o arie vastă de aplicații, în activitatea de proiectare a institutului nostru au apărut în special în ultima vreme aplicații care revendicau supravegherea unui număr mult mai mare de variabile și utilizarea mai multor sisteme tip SDC 2050 interconectate între ele. Totodată au apărut aplicații noi care revendică progrese în domeniul algoritmilor de reglare, al algoritmilor de comandă și al strategiei de supraveghere și conducere a procesului.

1. Componența sistemului și performanțe

Noul sistem evoluat de conducere a proceselor tehnologice DISTRIPROM își propune să dea o soluție problemei enunțate mai sus.

În acest scop a fost studiată și adoptată o arhitectură de sistem ierarhizat pe trei nivele (fig. 1). În concepția noului sistem intră, ca mulțime a subsistemelor sale distribuite, mai multe sisteme de tip SDC 2050 și care formează împreună nivelele ierarhice inferioare ale sistemului DISTRIPROM nivelul de interfață cu procesul și nivelul intermediar. Aceste subsisteme sînt conectate la nivelul ierarhic superior NIS al noului sistem prin intermediul unei

* Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Automatizări — București.

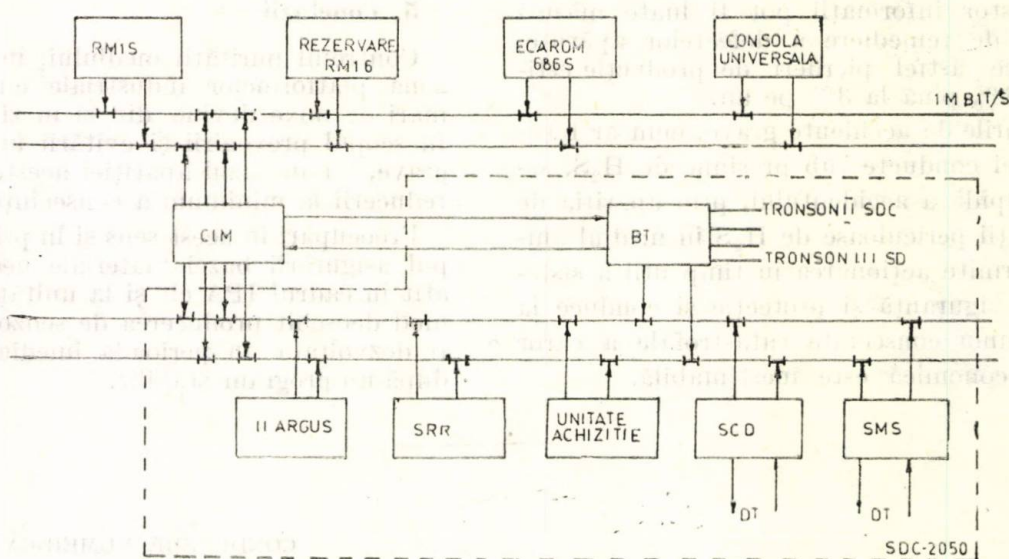


Fig. 1 Distriprom generația. 1.

magistrale de comunicație redundante și de mare viteză de tip PROWAY lucrând la viteza de 1 MBd.

În componenta nivelului ierarhic superior NIS a fost inclusă o putere de calcul apreciabilă și distribuită formată din mai multe calculatoare de tip ECAROM 886 și care în funcție de sarcinile pe care le îndeplinesc se împart în:

- calculatoare pentru supravegherea automată;
- calculatoare pentru arhivarea datelor;
- calculatoare pentru conducerea automată a procesului.

Totodată în concepția acestui nivel intră una sau mai multe console operator care permit supravegherea de către operator și conducerea manuală a procesului. În scopul informării operative a operatorului de proces, consola dispune de o largă varietate a formatelor de prezentare a datelor și variabilelor din proces:

- imagini de ansamblu a variabilelor;
- imagini de grup a variabilelor;
- imagini de detaliu;
- evoluția procesului;
- scheme sinoptice;
- sumarul alarmelor.

Imaginea de ansamblu în special și cele de grup semnalizează operatorului producerea unui eveniment iar imaginea de detaliu (și parțial și cea de grup) permite intervenția directă a operatorului și conducerea manuală a procesului. Celelalte imagini completează modalitățile de informare corectă și eficientă a operatorului. Pe lângă aceste sarcini, pentru un număr limitat de variabile, consola îndeplinește și sarcina de supraveghere automată înregistrând în memorie și semnalind operatorului apariția stărilor de alarmă. De asemenea consola îndeplinește și sarcina de supraveghere automată a stării de

bună funcționare a echipamentelor din componența sistemului permițind informarea operatorului asupra defectărilor produse și implicit asupra măsurilor de depanare care se impun obținându-se în acest fel un considerabil spor de mentenabilitate.

Sistemele SDC 2050 sunt conectate la magistrala PROWAY prin intermediul unor cuploare intermagistrale CIM care îndeplinesc funcția de translație de protocol de comunicație și care pe magistralele SDC 2050 au calitatea de master cu prioritate maximă.

În afara echipamentelor de interfață cu procesul din componența sistemelor SDC 2050 și în care sunt vizibile de către nivelul ierarhic superior NIS prin intermediul cuploarelor intermagistrale de tip CIM, în noul sistem se pot utiliza și echipamente de interfață cu procesul conectate direct la magistrala PROWAY. Acestea pot fi echipamente de achiziție a datelor de tip UATD și regulatoare multicanal de tip RM 16.

Regulatoarele RM 16 permit îndeplinirea următoarelor funcții:

- măsurarea și indicarea valorii variabilelor din proces analogice și binare;
- compararea acestora cu limitele sau valorile admisibile și semnalizarea depășirii sau respectiv a neconcordanței cu stări de alarmă;
- reglarea automată a acestor variabile;
- comutarea modului de lucru și comanda manuală a organului de execuție;
- liniarizarea semnalelor, corecția erorilor sistematice de măsură și efectuarea operațiilor auxiliare de calcul;
- memorarea evoluției în timp a valorii variabilelor de proces.

În scopul îndeplinirii acestor sarcini, al asigurării integrabilității în sistemele DISTRI-PROM și SDC 2050 și al asigurării rezervării

automate, deziderat prin care sistemul devine tolerant la defectare, regulatorul multicanal RM 16 a fost conceput ca un sistem multiprocesor în cadrul căruia patru procesoare au acces la o bază comună de date și la același set de module de interfață cu procesul.

Regulatorul dispune de un sistem de interfețe cu procesul prevăzut cu mai multe canale de intrare și de ieșire analogice și binare și de o bibliotecă amplă de algoritmi de reglare de tip PID, funcții de calcul și algoritmi binari.

Optional, un bloc de comandă a rezervării, BCR 16, asigură supravegherea stării de funcționare a opt reglatoare de tip RM 16 și substituirea automată a regulatorului defectat cu un regulator de rezervă și preluarea „din mers” a sarcinilor regulatorului defectat.

Unitatea de achiziție și transmitere de date (UATD) este destinată culegerii din procesul tehnologic a informațiilor privind mărimile ce nu sînt reglate. Unitatea realizează achiziția de semnale analogice și logice și transmiterea de comenzi analogice și logice. Valorile achiziționate sînt comparate cu limitele de alarmă, prealarmă și de gabarit.

Unitatea transmite către console sau calculatoare informații privind rezultatele autotestelor, privind alarmele apărute în procesul tehnologic.

De asemenea sînt transmise ciclic informații privind valorile achiziționate din procesul tehnologic.

Echipamentul are o structură flexibilă în funcție de aplicație putîndu-se utiliza un număr corespunzător de module de intrări sau ieșiri analogice și numerice.

Sistemul asigură indicarea echipamentului defectat și a deranjamentului la nivel de modul ceea ce reduce considerabil timpul de reparație care se rezumă la înlocuirea modului sau plăchetei defecte cu un modul sau o plăchetă de rezervă. Prin aceasta sistemul asigură atît o bună fiabilitate cît și o foarte bună disponibilitate.

Un astfel de sistem de conducere a proceselor are o arie de aplicație foarte largă permițînd

realizarea de configurații diversificate pornind de la sisteme reduse organizate numai la două nivele cum sînt sistemele de reglare automată cu supravegherea procesului de la consolă pînă la sisteme multinivel de conducere cu rețelele de calculatoare.

2. Concluzii

Comparînd soluția DISTRIPROM de automatizare a proceselor cu cele mai moderne sisteme similare cunoscute pe plan mondial (TDC—3000 Honeywell, CENTUM-YOKOGAWA, se constată că acesta satisface principalele performanțe a acestora, dispunînd și de calități superioare și anume:

TDC—3000 — asigură interconectarea la nivelele inferioare numai a sistemului TDC—2000, în timp ce DISTRIPROM asigură și interfața directă cu procesul prin reglatoare și echipamente de achiziție date.

Se poate afirma că performanțele DISTRIPROM sînt la nivelul mondial actual a produselor menționate.

Menționăm dintre aspectele de eficiență economică, reducerea consumurilor de metal, reducerea camerelor de comandă, reducerea cantităților de cabluri de cupru, reducerea perioadei de montaj, reducerea consumului de energie electrică etc.

Sistemul este exportabil ca produs independent precum și în instalații complexe tehnologice automatizate.

În prezent sînt în curs realizarea echipamentelor pentru aplicații la Combinatul Petrochimic Teleajen, Centrala Termoelectrică Palas-Constanța și în pregătire pentru Combinatul Petrochimic Brazi.

Bibliografie

- [1] Brosi. B. I. Prozessführungssystem TDC 3000 rtp. 26, 1984.
- [2] * * * Sistem Distribuit Evoluat pentru Conducerea Proceselor Tehnologice „DISTRIPROM” ST. 1985. IPA.
- [3] * * * CENTUM, Distributed Process Control System, YOKOGAWA, October 10.1987 Buletin 34 B 2A1—02E.

CZ 621.395.3

AUTOMATIZĂRI
SISTEM DISTRIBUIT DE CONDUCERE

Conducerea unei instalații de distilare cu sistem distribuit de conducere SDC—2050

DAN SERGHIESCU * — BUCUREȘTI; IOAN HIREAN **, STELIAN PLOSCARU ** — DROBETA — TURNU-SEVERIN

Introducere

Lucrarea prezintă concepția de conducere a procesului dintr-o instalație de distilare cu sistem modern de reglare, de tipul sistemului distribuit de conducere, în vederea experimentării acestor tipuri de echipamente.

Tehnologiile moderne în domeniul electronicii industriale au dus la apariția și dezvoltarea circuitelor larg integrate, în special a micro-procesoarelor, permițând astfel conceperea și realizarea unor sisteme de reglare evolute, ca sistemele distribuite de conducere, care asigură facilități noi în conducerea proceselor tehnologice.

Un astfel de sistem bazat pe utilizarea micro-procesoarelor este noul sistem distribuit de conducere, tip SDC—2050, fabricat în țară și care îndeplinește următoarele sarcini :

- conducerea proceselor tehnologice prin distribuirea sarcinilor de conducere între echipamentele din sistem, ceea ce conduce la creșterea siguranței în funcționare a sistemului pe ansamblu ;

- achiziționarea și prelucrarea datelor din proces ;

- supervizarea întregii instalații prin intermediul consolelor ;

- posibilitatea de rezervare automată a funcțiilor de conducere a procesului.

Sistemul distribuit de conducere SDC—2050 combină utilizarea microprocesoarelor cu transmisia de viteză ridicată (250 kbds) pentru realizarea unui sistem cu sarcini distribuite între echipamentele componente. Sistemele lor de programe acoperă necesitățile tuturor tipurilor de aplicații uzuale, utilizatorul trebuind doar să selecteze funcțiile dorite și să furnizeze datele inițiale necesare realizării acestor funcții în cadrul unei operații, numită configurare. Operația de configurare se realizează într-o manieră simplă și este accesibilă tehnologiilor de proces, cărora nu le sînt necesare cunoștințe de programare a calculatoarelor pentru îndeplinirea ei cu succes.

1. Structura funcțională

Sistemul distribuit de conducere SDC 2050 este conceput pentru a asigura realizarea funcți-

ilor de conducere a proceselor tehnologice de tipul buclelor de reglare, buclelor de calcul, achiziției semnalelor analogice și logice necesare informării operatorului, centralizarea tuturor informațiilor privind starea procesului condus și starea sistemului de conducere precum și punerea la dispoziția unui calculator supervisor a tuturor informațiilor necesare întocmirii diferitelor tipuri de bilanțuri sau implementării unor strategii de conducere evaluate.

Echipamentele din cadrul sistemului SDC 2050 pot fi împărțite din punct de vedere funcțional în următoarele grupe :

a. Echipamente de conducere a proceselor, care realizează funcțiile de reglare, achiziție și prelucrare a datelor din proces și transmiterea în proces a comenzilor primite de la echipamentele de supervizare :

- Unitatea de reglare de bază, formată din blocul regulator multicanal și opțional, consola locală cu selector de canale, module de comandă și indicare analogică, module de înlocuire și module analogice auxiliare.

- Unitate de cuplare la proces pentru achiziția datelor.

- Echipament de rezervare automată a reglatoarelor multicanal.

b. Echipamente de supervizare, care realizează concentrarea informațiilor privind starea procesului condus și starea sistemului de conducere, în scopul informării centralizate :

- Consola operator de proces.

- Interfață pentru calculatorul supervisor.

c. Echipamente de teletransmisie și interconectare :

- Director de trafic.

- Magistrală serială de teletransmisie.

2. Programul de automatizare și experimentare

Sistemul distribuit de conducere SDC—2050 se va instala ca sistem paralel cu sistemul de reglare convențional existent la instalația de distilare.

Parametrii tehnologici conectați la sistemul distribuit aparțin liniei comune și uneia din cele 2 linii tehnologice ale instalației de distilare.

Obiectul experimentării îl constituie urmărirea comportării echipamentelor sistemului distribuit de conducere, în mod eșalonat, astfel :

* Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Automatizări — București.

** Combinatul Chimic — Drobeta — Turnu-Severin.

— după primele trei luni, pentru compatibilitatea echipamentelor sistemului distribuit cu instalația tehnologică;

— după 12 luni pentru comportarea în timp a echipamentelor sistemului distribuit.

Prin programul de automatizare și experimentare al sistemului distribuit de conducere SDC-2050 se urmărește trecerea treptată a conducerii instalației de pe panoul cu aparatură convențională existentă pe echipamentele sistemului distribuit, cu perturbații minime pentru instalația tehnologică.

Programul de experimentare, pentru circuitele de reglare se va efectua în etape.

— Etapa a I-a —

În această etapă de experimentare, sistemul distribuit de conducere va funcționa în paralel cu sistemul de reglare convențional, existent, fără să dea însă comenzi în instalația tehnologică.

Alimentarea cu energie electrică a traductoarelor se efectuează prin sursele de alimentare aferente sistemului de automatizare convențională, existente.

Semnalul de la traductoare este preluat atât de aparatura convențională de automatizare cât și de blocurile regulator multicanal ale sistemului distribuit de conducere SDC-2050.

Semnalul de comandă a ventilelor de reglare este dat de aparatura convențională de automatizare iar semnalul de ieșire din blocurile regulator multicanal este conectat la un înregistrator multipunct.

Comutatorul cu came $d \dots -1$, cu rol de distribuție a semnalelor electrice, este pe poziția „CONV”.

În această etapă a experimentării se configurează blocurile regulator multicanal SDC pentru circuitele conectate la acestea și se urmărește semnalul de intrare, semnalul de ieșire și semnalul de eroare pe cadranul modulelor de comandă și indicare analogică, care este similar cu cadranul reglatoarelor convenționale existente. Urmărirea semnalelor sus-menționate pe cadranele aparatelor convenționale și ale blocurilor multicanal SDC se va face comparativ.

— Etapa a II-a —

Se trece la această etapă a experimentării cu avizul beneficiarului și numai după ce se va constata o identitate perfectă între comportarea semnalelor de ieșire ale aparaturii convenționale de reglare și cele ale blocurilor regulator multicanal SDC.

În această etapă alimentarea cu energie electrică a traductoarelor și distribuția semnalului electric de la acestea este similară cu situația de la etapa a I-a.

Prin trecerea comutatorului cu came $d \dots -1$ pe poziția „SDC”, semnalul de comandă a ventilelor de reglare este preluat de la ieșirea

blocurilor regulator multicanal SDC iar semnalul de ieșire al aparaturii de reglare convențională este conectat la înregistratorul multipunct.

Comportarea semnalelor de intrare, de ieșire și de eroare va fi urmărită în continuare, comparativ, între aparatura convențională și echipamentele sistemului distribuit SDC.

Prin programul de experimentare prezentat pentru circuitele de reglare se urmărește verificarea etapizată și în totalitate a funcționării în condiții reale de exploatare a blocurilor regulator multicanal SDC.

Deoarece configurația echipamentelor sistemului distribuit SDC ce urmează a se experimenta cuprinde și sistemul de rezervare a reglatoarelor multicanal SDC, în timpul etapei a I-a de experimentare pentru circuitele de reglare, se va putea verifica corecta funcționare a acestui echipament SDC, pentru a avea certitudinea asigurării rezervării blocurilor multicanal SDC, prin efectuarea unor teste de rezervare.

Pentru circuitele de înregistrare sau indicare care se conectează la echipamentele sistemului distribuit SDC, semnalul de la traductor este preluat atât de aparatura convențională existentă cât și de echipamentele SDC de culegere a datelor.

Programul de experimentare pentru aceste circuite permite, compararea corectei afișări între aparatele de înregistrare sau indicare convenționale și display-ul consolei operator de proces a valorilor măsurate.

În urma experimentărilor se vor trage concluzii și asupra modului de conducere a instalației tehnologice de la consola operatorului de proces de către operatorul tehnolog.

3. Configurația sistemului de conducere SDC-2050

Sistemul distribuit de conducere SDC-2050 care urmează a se experimenta la o instalație de distilare se compune din următoarele tipuri de echipamente:

● Blocurile regulator multicanal

Blocurile regulator multicanal care vor fi experimentate sînt de următoarele tipuri:

— μ ARGUS (executat de IIS Automatica) și SRA 110 (executat de IPA București) care pot realiza controlul automat a cel mult 8 bucle de reglare independente sau conectate în cascadă prin cele 8 canale existente în cadrul blocului. Fiecărui canal utilizatorul îi poate alocă, în funcție de necesități, unul din cei 28 algoritmi de reglare sau de calcul, aflați în memoria de program. Echipamentul permite semnalizarea alarmelor apărute în proces pe oricare din cele 8 canale și asigură prevenirea pierderii datelor și perturbării procesului tehnologic în cazul căderii tensiunii de alimentare.

— RM 16 (executat de IPA București) care constă din 12 canale de reglare pentru 24 intrări analogice sau 24 intrări binare, asigurând 12 ieșiri analogice sau 24 ieșiri binare. Echipamentul este prevăzut în memoria program cu 36 algoritmi de reglare și de calcul care pot fi folosiți de utilizator în funcție de necesități.

● Consola locală cu selector de canale

Acest echipament SDC poate lucra simultan cu 16 blocuri regulator multicanal și asigură afișarea datelor și posibilitatea modificării parametrilor de reglare, conducerii procesului în modul manual, configurării și selectării modului de lucru pentru fiecare din acestea. Selectorul de canale, dedicat unui singur regulator, permite selectarea oricărui canal prin apăsarea unei taste.

● Modul de comandă și indicare analogică

Acest modul se conectează la ieșirea blocului regulator SDC putînd prelua în caz de defec-tare a părții numerice a acestuia funcțiile de comandă a curentului de ieșire, respectiv de comandă a referinței. Se indică analogic curen-tul de ieșire, referința și măsura. Este semnali-zată ieșirea din limita superioară/inferioară a mărimii măsurate și se indică modul de lucru manual.

● Modulul cuadruplu de înlocuire

Acest modul se conectează la ieșirea blocului regulator SDC și poate prelua comanda curen-tului de ieșire pentru 4 canale, el indicînd curen-tul de ieșire pentru cele 4 canale, cît și valoarea mărimii măsurate aferente acestor canale.

● Unitatea analogică de cuplare cu procesul

Acest echipament SDC este interfața dintre procesul tehnologic și consola operatorului de proces sau calculatorului de proces, fiind o unitate de culegere a datelor din proces. El asigură preluarea din procesul tehnologic a 16 intrări analogice și a 32 intrări numerice, pe care le prelucerează și memorează, punîndu-le la dispoziția consolei sau calculatorului, prin in-termediul magistralei seriale de date și trans-mite de la acestea 16 ieșiri analogice și 32 ieșiri numerice în procesul tehnologic.

● Cuplorul inteligent de proces

Cuplorul inteligent de proces achiziționează și prelucerează datele din proces, de tip intrări analogice sau numerice, pe care le convertește și le transmite pe magistrala serială de date, la comanda consolei operatorului de proces sau a calculatorului de proces.

● Echipamentul de rezervare blocuri regula-tor multicanal

Echipamentul se compune dintr-un bloc de comandă a rezervării reguletoarelor multi-canal și un bloc regulator de rezervă, asigurînd rezervarea a 8 blocuri multicanal. Se asigură

astfel controlul neîntrerupt al reglării, prin transferarea datelor importante în memoria regulatorului de rezervă prin intermediul unei magistrale paralele de mare viteză și se anunță totodată operatorul asupra modului defect din regloatorul multicanal activ.

● Panourile terminale și de joncțiune

Panourile asigură circulația semnalelor dintre procesul tehnologic și echipamentele SDC, pre-cum și între echipamentele SDC care urmează a fi interconectate.

Toate echipamentele prezentate pînă în pre-zent sînt echipamente descentralizate, care se pot amplasa în cîmp, în apropierea procesului tehnologic.

● Echipamentul de interconectare și trans-mitere la distanță.

Acest echipament este format din directorul de trafic, magistrala de date și interfețele dintre magistrala de date și echipamentele componente ale sistemului.

Transmisia informației pe magistrala de date se face numeric serial iar directorul de trafic asigură și supraveghează continuitatea fluxului de date.

Atît magistrala de date cît și directorul de trafic se dublează, pentru a asigura creșterea siguranței în funcționare.

Interfețele între magistrala de date și echipa-mentele sistemului asigură accesul la informațiile relevante aflate în echipamentele de reglare și de culegere de date, care sînt utile consolei ope-rator de proces și/sau calculatorului de proces. Aceste informații pot fi apelate, actualizate și modificate.

● Echipamentul centralizat cu stație ope-rator de proces

Explorarea centralizată a unui sistem distri-buit în care este necesară monitorizarea datelor din proces (alarme, evoluția istorică, medii orare) se efectuează de la consola operator de proces, care constă dintr-un aparat de vizuali-zare (display) color și o claviatură cu care pot fi operate pînă la 1200 puncte de măsură. Infor-mațiile asupra procesului sînt afișate atît sub formă numerică cît și analogică. În acest scop se pot selecta diferite tipuri de imagini, pentru a indica :

- afișajul de ansamblu, în care apar 36 grupuri de cîte 8 canale. Pentru fiecare canal este indicată eroarea variabilei de proces față de referința ei și se anunță eventuala depășire a unei limite preselec-tate ;
- afișajul de grup, în care se indică variabilele de proces referințele și ieșirile, grafic și numeric, pentru 8 canale ;
- afișajul de detaliu, în care se indică para-metri de proces și de configurare pentru un canal ;

- semnalizarea unor stări de alarmă sau prealarmă pe cale vizuală sau acustică;
- afișarea unor informații ale evoluției în timp cit și medii orare pe ecran, cu posibilitatea tipăririi lor, pentru mărimi din proces;
- starea echipamentelor din sistem.

Consola operator de proces comunică cu celelalte echipamente ale sistemului distribuit SDC 2050 prin magistrala de date, având posibilitatea de a fi prioritară. În acest fel se asigură o urmărire și manipulare efectivă, centralizată a procesului tehnologic.

● Echipamentul de alimentare

Echipamentul de alimentare este format din blocuri de alimentare principală, blocuri de alimentare de rezervă și baterie de acumulatori, asigurând alimentarea neîntreruptă a tuturor echipamentelor la care sînt conectate.

Configurația sistemului distribuit de conducere SDC 2050 care urmează a se experimenta la instalația de distilare nu conține calculator de proces în structură ierarhică, nefiind justificată utilizarea lui datorită volumului redus de parametri tehnologici conectați la sistemul distribuit.

4. Montaj — amplasamente — trasee cable

Echipamentele sistemului distribuit de conducere SDC 2050, care urmează a fi supuse experimentării se vor amplasa în camera de comandă, existentă, la instalația de distilare ținînd cont de :

- spațiul disponibil
- dimensiunile de gabarit ale echipamentelor și dulapurilor sistemului distribuit
- spațiul inconjurător, destinat accesului și întreținerii echipamentelor SDC.

Echipamentele de reglare și de rezervare a reglării, echipamentele de culegere a datelor din proces, echipamentele de alimentare principală și de rezervă ale sistemului distribuit SDC, ca și panourile terminale se montează în dulapuri de 19" și se vor instala în spatele panourilor de automatizare convențională, existente.

Consola locală cu selectorul de canale, modulele de comandă și indicare analogică și modulele cuadruple de înlocuire, amplasate pe față iar panourile de joncțiune amplasate în spate, vor echipa un dulap special construit.

Pe echipamentele SDC de pe fața acestui dulap vor putea fi urmărite comparativ toate mărimile analogice ce caracterizează parametru tehnologic, cu cele afișate pe aparatura din panourile convenționale existente.

Consola operator de proces a sistemului distribuit SDC și imprimanta aferentă se amplasează lângă pupitrul de comandă al echipamentului de automatizare convențional, amplasat în fața panourilor convenționale existente.

Lîngă consola operator de proces se vor amplasa înregistratoarele multipunct ELR 362, pe care se urmărește în funcție de etapa experimentării ieșirile blocurilor regulator multicanal SDC sau ieșirile reglatoarelor convenționale existente.

Comutatoarele cu came pentru alegerea etapei de experimentare se amplasează în dulapurile cu aparatură convențională.

Se menționează că toate cablurile sînt trase numai în camera de comandă, neexistînd nici o legătură cu cîmpul.

Prin modul de amplasare a consolei operator de proces și a dulapului special construit, cu echipament SDC de interfață analogică cu procesul, s-a urmărit simplificarea urmăririi comparative a comportării celor două tipuri de sisteme de conducere a procesului tehnologic.

5. Avantajele sistemelor distribuite de reglare

Sistemul distribuit de conducere SDC 2050 prin concepție și mod de realizare prezintă o serie de avantaje, ca :

- amplasarea distribuită în cîmp, în apropierea procesului tehnologic a blocurilor regulator multicanal, a echipamentului de rezervare a acestora, a echipamentelor de culegere a datelor din proces, ca : unitate analogică și cuplor inteligent, și a echipamentelor de alimentare;
- reducerea timpului de depanare prin auto-diagnosticare automată și anunțarea operatorului uman la consola de operare a codului modulului defect;
- rezervare pentru echipamentele de reglare și de alimentare;
- transmisia neîntreruptă a informațiilor în cazul defectării magistralei principale de date prin magistrala de rezervă, a cărei funcționare este asigurată de directorul de trafic;
- proiectarea hardware-ului cu posibilități de dublare a funcțiunilor, prin utilizarea unor moduri paralele de urmărire a parametrilor tehnologici prin consola operator de proces, consola locală cu selector de canale, module de comandă și indicare analogică sau module cuadruple de înlocuire.

Pentru evaluarea costurilor de implementare a sistemului distribuit, în raport cu echipamentul convențional clasic, trebuie avute în vedere aspecte legate de instalare, punere în funcțiune și întreținere.

Privind comparativ aceste aspecte rezultă :

Nr. crt.	Componente sistem	Sistem clasic	Sistem distribuit
1.	Interfață cu operator	Panouri și pupitre de comandă echipate cu aparatură convențională	Consolă operator cu 3 video display și dulapuri cu regulatoare (spațiu necesar cu cca. 70 % mai mic).
2.	Alimentare cu energie	Consum ridicat de energie, siguranță mică în alimentare	Consum de energie cu cca. 80 % mai mic, siguranță practic 100 % în alimentare.
3.	Verificări la punerea în funcțiune	Verificarea metrologică a transmițerilor și indicatoarelor Acordarea reguloarelor Fixarea alarmelor Execuție pe șantier	Verificarea metrologică a transmițerilor Echipamentele sînt verificate în mină
4.	Cablare la nivelul camerei de comandă	Interconexiuni între panouri, stelaje, pupitre, repartitor	Timpul de punere în funcțiune redus cu cca. 25 % Precablare hardware și interconexiuni software
5.	Cablare exterioră (pentru intrări analogice și temperaturi)	Cutii de jonctiune cablă multifilare pînă la camera centrală, repartitor	Reducere timp punere în funcțiune cu cca. 70 %, iar investiția cu cca. 80 % Cuplare la panoul de jonctiune terminal. De aici la consola operator legarea se face cu 2 cabluri coaxiale Se reduce posibilitatea de defect în cleme cu 80 %. Se reduc costurile pentru cablaj cu cca. 60 %.
6.	Necesar piese de schimb	Stoc de piese de schimb de mare varietate	Plăci modulare
7.	Întreținere și reparare echipamente	Atelier de întreținere și reparații cu personal calificat care să diagnosticeze defectele	Diagnosticarea automată a defectului, depanarea constind în înlocuirea plăcii. Personal de întreținere redus cu cca. 30 %.
8.	Detectare circuit de reglare	Observarea de către operator a defectului, oprirea circuitului din funcțiune pentru depanare. Oprirea posibilă a instalației tehnologice	Trecerea automată pe regulator de rezervă — semnalizarea automată a defecțiunii — revenirea la situația inițială după înlocuirea modului defect — siguranță în funcțiune sporită cu cca. 60—70 %.
9.	Conectarea la traductoare din mediu cu pericol de explozie	Surse independente de alimentare a traductoarelor cu bariere de siguranță	Terminale către proces cu bariere de siguranță (Exi II CT4) înglobate
10.	Cuplarea cu calculator de proces	Adaptare automatizare convențională — dublare linii — informaționale — repartitor și cuplor de proces	Modul de interfață generalizată pentru calculator. Reducerea cheltuielilor de invenție cu cca. 50 %

CZ 621.314.5

CONVERTOARE C.C.—C.C.

Convertor de C.C.-C.C. cu separare galvanică de medie putere, cu parametri tehnici ridicați și mare siguranță în funcționare

DAN FRECIU*, VASILE GRIGORAȘ** IOANA NICULAȘI* — BRAȘOV; CLUJ-NAPOCA

Introducere

Echipamentele complexe de automatizare în domeniul energetic și, în special, în domeniul CNE necesită surse de alimentare diverse, cu diferite cerințe speciale privind mărimile de ieșire, tensiunile de alimentare, condițiile de mediu, de fiabilitate și de securitate nucleară.

Pentru alimentarea sistemului SCARN a CNE Cernavodă (începând cu U3) a apărut necesitatea, printre altele, a unui convertor c.c.—c.c.

Condiții tehnice:

- tensiunea de intrare: 48Vc.c.—10Vc.c.; + 7Vc.c.
- tensiunea de ieșire: 14Vc.c., cu gama de reglaj $\pm 10\%$;
- curentul de ieșire: 22A;
- riplu: 1% virf la virf;
- stabilitatea la variația tensiunii de alimentare: $\pm 1\%$;
- stabilitatea la variația sarcinii: 1%;
- coeficient de temperatură: 0,1%/°C;
- fiabilitate: MTBF 40.000 ore; nivel de încredere $p = 0,9$;
- protecție seismică: nivel 1, categoria B;
- durata de viață: 15 ani.

În urma analizei alternative a principiilor de bază aplicabile (fly-back, forward, push-pull),

s-a optat o schemă push-pull, cu tranzistoare bipolare de comutație, cu transformator de înaltă frecvență pe ferită.

Stabilizarea tensiunii de ieșire se realizează printr-o buclă de reacție, principiul de reglaj fiind „modularea în durată a impulsurilor”.

1. Schema bloc

Schema bloc, prezentată în figura 1, conține următoarele elemente:

1 — circuit de intrare (filtre și element de limitare a supratensiunilor provenite din sursa de alimentare cu c.c.);

2 — circuit de comutație cu tranzistoare de putere, de comutație; acest circuit realizează conversia c.c. — c.a., cu frecvența 20kHz;

3 — transformator de putere; este realizat pe miez de ferită tip cală Ø70;

4 — redresor de înaltă frecvență;

5 — filtru de netezire LC;

6 — sursă pentru tensiunea auxiliară; este o schemă autooscilantă, tip fly-back, cu tensiunea de ieșire stabilizată;

7 — circuit de comandă; este circuitul driver pentru convertorul de putere;

8 — circuit de protecție la supracurent;

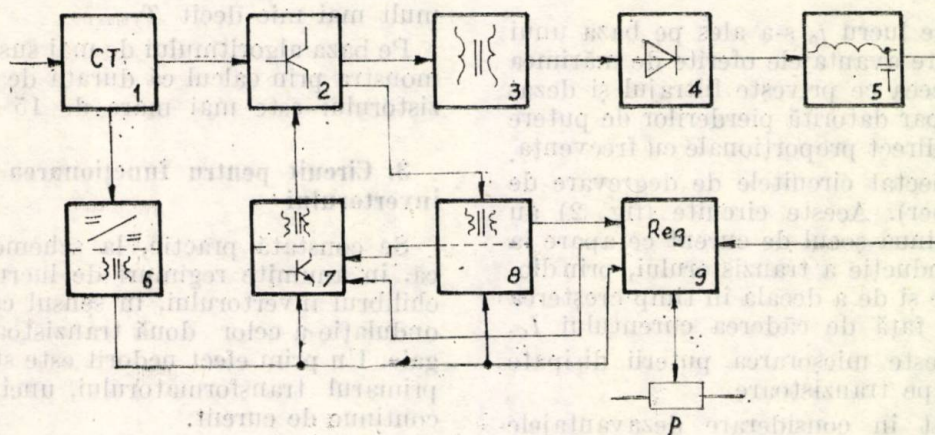


Fig. 1. Schema bloc.

* Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Automatizări — Filiala Brașov.

** Întreprinderea de Electronică Industrială pentru Automatizări — Cluj-Napoca.

9 — circuit regulator de tensiune; conține oscilatorul cu undă triunghiulară, modulatorul în durată, circuitul pentru egalizarea timpilor de conducție.

2. Măsurile generale de mărire a siguranței în funcționare

În etapa de proiectare, s-au luat în considerare unele principii general valabile, aplicabile la dimensionarea elementelor de putere, recomandate de standardele IEEE pentru echipamente CNE.

Astfel, s-a recurs la supradimensionarea elementelor critice din punct de vedere al încălzirii în putere.

S-a făcut acest lucru, plecând de la premiza că factorul de stress cel mai puternic este îmbătrânirea termică datorată disipației de putere pe elementele respective.

Simultan s-a urmărit diminuarea factorilor de stress, ca : virfuri de tensiune, șocuri de curent, supratemperaturi, vibrații mecanice autoinduse sau induse (seism).

Iată, de exemplu, cum au fost aplicate aceste principii la alegerea tranzistoarelor finale și la proiectarea circuitelor de protecție aferente :

a) în prima aproximație, s-au stabilit valorile limită absolute pentru tranzistori :

I_{CN} — funcție de curentul maxim instantaneu prin tranzistoare

$V_{CE\,sms}$ — funcție de tensiunea maximă de alimentare.

b) Din expresia puterii totale disipate pe tranzistor, rezultă că trebuie acționat asupra factorilor ce influențează această putere :

$$- V_{CE\,sat}, t_{CN}, t_{OFF};$$

$$- f_0.$$

Deși $V_{CE\,sat}$, t_{ON} și t_{OFF} sunt parametri ce depind în primul rând de tranzistor, aceștia se pot minimiza, alegând circuite de comandă optime.

Frecvența de lucru f_0 s-a ales pe baza unui compromis între avantajele oferite de mărimea frecvenței în ceea ce privește filtrajul și dezavantajele ce apar datorită pierderilor de putere în comutație, direct proporționale cu frecvența.

c) S-au proiectat circuitele de degrevare de putere (snubber). Aceste circuite (fig. 2) au rolul de a diminua șocul de curent ce apare la intrarea în conducție a tranzistorului, prin diodele redresoare și de a decala în timp creșterea tensiunii V_{CE} față de căderea curentului I_C .

Rezultatul este micșorarea puterii disipate în comutație, pe tranzistoare.

d) S-au luat în considerare dezavantajele cauzate de utilizarea circuitelor de mai sus : virfuri de tensiune la descărcarea circuitului serie (L_S) și supracurenți la descărcarea circuitului paralel (C_P). Prin alegerea convenabilă a elementelor de descărcare și a configurațiilor respective, s-au realizat minimizarea supratensiunilor și supracurenților.

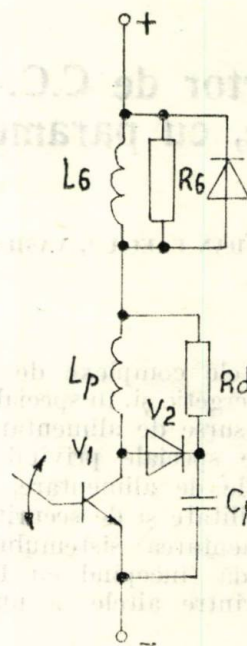


Fig. 2. Schema de comandă a tranzistorului final.

e) S-a elaborat o schemă de comandă în bază care să asigure :

- virf de curent la intrarea în conducție (rezultă micșorarea lui t_{ON});
- blocarea cu tensiune V_{BE} negativă (rezultă mărirea $V_{CE\,max}$ și reducerea pericolului de străpungere secundară);
- menținerea, pe timpul conducției, în regiunea de saturație incipientă (rezultă micșorarea lui t_{OFF}).

f) Se reevaluează I_{CM} și $V_{CE\,sms}$; se recalculează puterea disipată totală.

Se poate proiecta radiatorul în așa fel încît T_j , în condițiile cele mai defavorabile, să fie mult mai mic decît $T_{j\,max}$.

Pe baza algoritmului de mai sus, se poate demonstra prin calcul că durata de viață a tranzistorului este mai mare de 15 ani.

3. Circuit pentru funcționarea echilibrată a invertorului

Se constată practic, la schemele push-pull, că, în anumite regimuri de lucru apare dezechilibrul invertorului, în sensul că duratele de undulație a celor două tranzistoare devin inegale. Un prim efect nedorit este stabilirea, prin primarul transformatorului, unei componente continue de curent.

Acest lucru produce deplasarea ciclului de magnetizare a miezului, ceea ce poate provoca, la încărcări mari, depășirea de către valoarea instantanee a fluxului prin miez, a valorii B de saturație. Ca urmare, în această situație limită, curenții prin tranzistoare sînt puternic dezechilibrați.

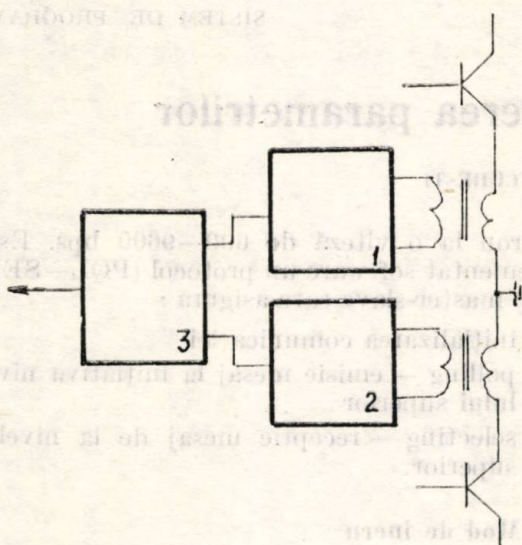


Fig. 3. Schema pentru funcționarea echilibrată.

Pericolul distrugerii tranzistorului mai solicitat este iminent. Chiar dacă nu se ajunge la aceasta, funcționarea în regim de încărcare mai mare are ca rezultat îmbătrânirea prematură a tranzistorului.

S-a eliminat acest inconvenient prin utilizarea unui circuit cu reacție, care reface automat echilibrul între două perioade de conducție consecutive.

Acest circuit este prezentat în figura 3 și se compune din :

- T_1 și T_2 — transformatoare de curent identice, pe miez de ferită ;
- 1 — circuit redresor și amplificator neinvertor ;
- 2 — circuit redresor și amplificator inversor ;
- 3 — circuit integrator.

Funcționarea este următoarea : semnalele ce apar reflectate în secundarele transformatoarelor de curent sînt proporționale ca amplitudine cu curenții ce circulă alternativ prin tranzistoare ; aceste semnale sînt defazate între ele cu 180° .

Dacă cele două semnale sînt egale în durată și amplitudine, valoarea medie a tensiunii la ieșirea integratorului este nulă. Dacă cele două semnale sînt dezechilibrate ca durată și/sau amplitudine, la ieșirea integratorului apare un semnal cu valoarea medie diferită de 0.

Această tensiune acționează asupra modulatorului, în sensul echilibrării duratelor de conducție.

4. Concluzii

S-a realizat un convertor c.c. — c.c. cu parametri tehnici impuși de condițiile de alimentare a echipamentelor CNE.

Printr-o proiectare judicioasă, ținînd cont de parametri de influență interni și externi, s-a ajuns la realizarea condițiilor de fiabilitate și siguranță în funcționare, fără supradimensionări prea mari a elementelor disipatoare de putere.

Bibliografie

- [1] Mble, V. Components and know-how for switched-mode Power-Supply.
- [2] Marwin, W. S. Power Transistor Applications For Switching Regulators And Motor Control; GENERAL ELECTRIC — 1979.
- [3] William, Mc. MIEEE, Selection of Snubbers and Clamps to Optimize the Design of Transistors Switching Converters.

CZ 65.012.3

SISTEM DE PROGRAME

SUPRAV

Program pentru supravegherea parametrilor

ADRIANA GIURGIU * — BUCUREȘTI

Introducere

Programul SUPRAV este destinat culegerii informațiilor oferite de instalațiile de automatizare referitoare la procesul tehnologic ce se dorește supravegheat și transmiterii acestor informații la nivelul ierarhic superior pentru prelucrare și decizie.

(Programul se folosește în sisteme informatice cu minim 2 nivele ierarhice).

1. Cerințe hardware

Programul SUPRAV poate fi implementat pe microcalculatoare ECAROM 881 și 881 M. Configurația minimă :

- modul unitate centrală — UC
- modul memorie — RAMC
- modul memorie PROM
- modul interfață serială — US
- modul interfață proces — IP
- modul intrări numerice — IM

Configurația maximă : — se pot adăuga module de intrări numerice IN, de ieșiri numerice EN, de contoare impulsuri NUM, de intrări analogice CAN (+MX) atît cît permite capacitatea de adresare a calculatorului.

2. Funcțiile programului SUPRAV

— Programul SUPRAV asigură realizarea următoarelor funcții :

— explorarea parametrilor numerici cu două perioade de explorare (multiplu de 20 ms) și informarea nivelului superior despre schimbările de stare. Parametrii numerici mai rapizi pot fi astfel explorați cu o perioadă mai mică :

— explorarea parametrilor analogiei (prin intermediul CAN) și transmiterea la nivelul ierarhic superior a valorilor acestora (în unitățile CAN).

— explorarea contoarelor de impulsuri și transmiterea periodică a valorilor acestora

— comanda procesului prin acționări de tip numerici (contact de tip releu) pe baza ordinelor primite de la nivelul superior

— autotest resurse hardware.

3. Legătura cu nivelul superior

Legătura cu nivelul ierarhic superior este asigurată prin intermediul interfeței seriale (US),

asincron la o viteză de 600—9600 bps. Este implementat software un protocol (POL—SEL) de tip master-slave care asigură :

- inițializarea comunicației
- polling — emisie mesaj la inițiativa nivelului superior
- selecting — recepție mesaj de la nivelul superior.

4. Mod de lucru

Programul SUPRAV se poate găsi în două stări distincte :

— inițializare — se primesc de la nivelul ierarhic superior mesaje care conțin informații privind procesul :

- număr parametri — numerici
- analogiei
- contoare
- număr telecomenzi (ieșiri numerice)
- perioadele de explorare a parametrilor :
 - numerici (în ms)
 - analogici (în s)
 - contoare (în s)

— timpul de menținere a telecomenzilor (contact releu — ms)

— se citește starea inițială a parametrilor numerici și analogiei și se transmite nivelului superior

— explorare — parametrii sînt explorați la perioadele specifice la inițializare, formîndu-se mesaje de informare care sînt transmise nivelului superior la cerere

— nivelul superior poate cere acționarea unei telecomenzi care va fi menținute activă în timpul specificat la inițializare.

Programul se menține în această stare pînă la o nouă comandă de inițializare.

5. Aplicații ale produsului SUPRAV

Produsul SUPRAV este utilizat în următoarele aplicații :

- sistem informatic supraveghere proces tehnologic linia de vopsire I.A. Pitești
- dispecer energetic — C.M. Cîmpia Turzii
- dispecer energetic — Casa Republicii

Produsul este tipizat și poate fi utilizat cu eforturi reduse de către proiectanți în tipurile de aplicații indicate mai sus.

* Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Automatizări — Centrul de calcul electronic.

CZ 531.5: 621.372.5

PROIECTAREA FILTRELOR ACTIVE
FILTRE „TRECE-JOS” ȘI „TRECE-SUS”
FUNCȚII DE TRANSFER

Exemple de proiectare a filtrelor active utilizând circuitele integrate hibride H 951 și H 952 — filtre active universale

I. Filtre „Trece-Jos” și „Trece-Sus”

BENEDICT POPESCU*, ROXANA ANTOHI**, ȘTEFAN IOVAN* — BUCUREȘTI

Introducere

Din marea varietate de filtre RC active configurația cunoscută sub denumirea de *bi-quad* s-a impus în ultima vreme datorită adaptabilității sale [1]. Dat fiind faptul că pentru funcțiile de filtrare „trece-jos” (TJ), „trece-sus” (TS) și „trece-bandă” (TB) structurile *bi-quad* sînt asemănătoare, acestea au putut fi integrate [2] într-un modul de *filtru activ universal* (FAU). Omologat la CCSIT-CE în două variante (H 951 și H 952), FAU a fost descris detaliat în lucrarea [3].

Metodologia de proiectare a filtrelor active bazată pe folosirea modulelor de FAU a fost prezentată în lucrarea [4]. În intenția de a oferi eventualilor utilizatori ai FAU un ghid prețios de proiectare, valabilitatea acestei metodologii va fi verificată prin analiza unor exemple reprezentative de proiectare, filtrele TJ și TS fiind obiectul lucrării de față. Dincolo de scopul practic al lucrării (ghid de proiectare) caracteristicile de transfer experimentale vor fi comparate cu cele obținute prin trasarea cu calculatorul a funcțiilor de transfer teoretice, respectiv prin analiza cu calculatorul a schemelor electrice detaliate.

1. Considerații teoretice

Pentru filtre cu 2 poli TJ și TS funcțiile de transfer sînt date de expresiile [3]:

$$T_{TJ}(s) = \frac{E_J(s)}{E_i(s)} = \frac{K_J \omega_0^2}{s^2 + (\omega_0/Q)s + \omega_0^2}, \quad (1)$$

respectiv:

$$T_{TS}(s) = \frac{E_S(s)}{E_i(s)} = \frac{K_S s^2}{s^2 + (\omega_0/Q)s + \omega_0^2}, \quad (2)$$

unde variabila de stare $s = j\omega$, iar valorile constantelor sînt:

$$K_J = \frac{K_4(1 + K_3)}{K_3(1 + K_4)}, \quad K_S = \frac{K_1(1 + K_3)}{1 + K_4},$$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{K_3}{R_1 R_2 C_1 C_2}}, \quad Q = \frac{1 + K_4}{1 + K_3} \sqrt{\frac{K_3 R_1 C_1}{R_2 C_2}}.$$

Adăugarea unui răspuns de un singur pol la filtrele cu număr par de poli se face inseriind o rețea RC astfel:

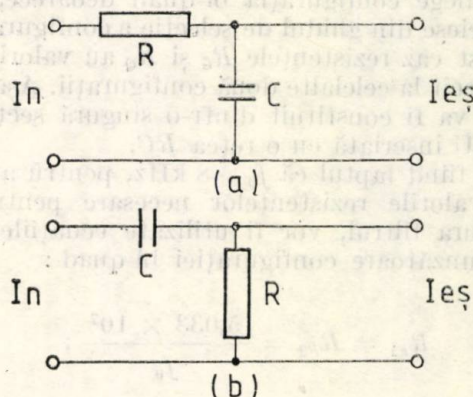


Fig. 1. Rețele RC utilizate pentru adăugarea unui răspuns de un singur pol la filtrele cu număr par de poli: (a) la filtrele TJ ; (b) la filtrele TS .

a) pentru filtrele TJ rețeaua RC din figura 1a, pentru care funcția de transfer este:

$$T'_{TJ}(s) = \frac{1}{1 + sRC}; \quad (3)$$

b) pentru filtrele TS rețeaua RC din figura 1b, avînd funcția de transfer:

$$T'_{TS}(s) = \frac{sRC}{1 + sRC}. \quad (4)$$

În fiecare caz, pentru separarea rețelei RC , poate fi utilizat amplificatorul operațional suplimentar conținut în FAU.

* Centrul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Componente Electronice — București.

** Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Automatizări — București.

2. Exemple de proiectare

Considerate de autori ca fiind reprezentative pentru înțelegerea metodologiei de proiectare vor fi analizate 3 exemple: un filtru *TJ* funcționând la frecvențe medii, un filtru *TJ* pentru frecvențe joase, respectiv un filtru *TS*. Toate calculele de proiectare, precum și schemele electrice care vor fi stabilite în acest capitol se bazează pe materialul prezentat în [2] și/sau în lucrarea [4].

Exemplul 1. Utilizând circuitul integrat hibrid H 951 va fi realizat un filtru *TJ* tip Cebîșev cu 3 poli, riplu de 0,5 dB și cu frecvența de tăiere $f_t = 15$ kHz.

Din tabel se determină parametrii *TJ* normalizați:

$$f_{n1} = 1,068853, \quad Q = 1,7062$$

$$f_{n2} = 0,626456, \quad Q = \dots$$

Se denormează parametrii:

$$f_{01} = f_{n1} \cdot f_t = 1,068853 \times 15000 = 16032,79 \text{ Hz}$$

$$f_{02} = f_{n2} \cdot f_t = 0,626456 \times 15000 = 9396,84 \text{ Hz.}$$

Se alege configurația bi-quad deoarece, așa cum reiese din ghidul de selecție a configurației, în acest caz rezistențele R_G și R_Q au valori mai mici decât la celelalte două configurații. Așadar, filtrul va fi constituit dintr-o singură secțiune de FAU inserată cu o rețea *RC*.

Dat fiind faptul că $f_0 > 8$ kHz, pentru a calcula valorile rezistențelor necesare pentru a configura filtrul, vor fi utilizate ecuațiile (B) corespunzătoare configurației bi-quad:

$$1. \quad R_{F1} = R_{F2} = \frac{5,033 \times 10^7}{f_0};$$

$$2. \quad A_{TB} = 3,16Q \cdot A_{TJ};$$

$$3. \quad R_Q = 3,16Q_p \cdot R_{F1};$$

$$4. \quad R_G = \frac{R_Q}{A_{TB}}.$$

Se calculează valoarea rezistențelor care determină frecvența:

$$R_{F1} = R_{F2} = \frac{5,033 \times 10^7}{f_{01}} = \frac{5,033 \times 10^7}{16032,79} = 3139,19\Omega \approx 3,14 \text{ k}\Omega.$$

Se calculează produsul:

$$f_0 Q = 16032,79 \times 1,7062 = 27355,15 \approx 2,7 \cdot 10^4 > 10^4.$$

Datorită faptului că produsul $f_0 Q$ nu este cu mult mai mare decât 10^4 se va considera că $Q \approx Q_p$.

Se alege amplificarea $A_{TJ} = 1,12$ (1 dB), obținându-se:

$$A_{TB} = 3,16Q \cdot A_{TJ} = 3,16 \cdot 1,7062 \cdot 1,12 = 6,038.$$

Acum pot fi calculate valorile rezistențelor care determină factorul de calitate, respectiv amplificarea:

$$R_Q = 3,16Q_p \cdot R_{F1} = 3,16 \cdot 1,7062 \cdot 3139,19 = 16925,23\Omega \approx 16,92 \text{ k}\Omega.$$

$$R_G = \frac{R_Q}{A_{TB}} = \frac{16925,23}{6,038} = 2803,12\Omega \approx 2,8 \text{ k}\Omega.$$

Pentru răspunsul de un singur pol produsul $RC = 1/2\pi f_{02}$. Alegându-se pentru C valoarea de 180 pF rezultă că:

$$R = \frac{1}{2\pi \cdot 9396,84 \cdot 180 \cdot 10^{-12}} = 94094,64\Omega \approx 94,09 \text{ k}\Omega.$$

În acest moment, valorile R și C calculate pînă în prezent permit să fie stabilită schema electrică simplificată a filtrului *TJ*, aceasta fiind prezentată în figura 2.

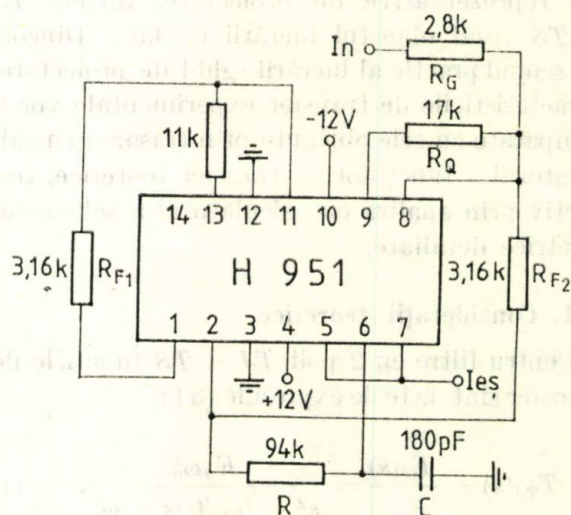


Fig. 2. Schema electrică simplificată a filtrului *TJ* funcționând la frecvențe medii.

Exemplul 2. Datorită faptului că, în cazul funcționării la frecvențe joase și foarte joase, valorile calculate ale rezistențelor necesare pentru a configura filtrul sînt de cele mai multe ori în afara domeniului de valori folosite în mod obișnuit, va fi ales un exemplu de proiectare din

care să reiasă cum se procedează în acest caz pentru a folosi valori practice de rezistențe. Exemplul de proiectare este un filtru *TJ* tip Cebîșev cu 2 poli, riplu de 2 dB și o frecvență de tăiere $f_t = 40$ Hz.

Din tabel reiese că parametrii *TJ* normați sînt :

$$f_n = 0,907227 \text{ și } Q = 1,1286.$$

Denormarea lui f_n duce la :

$$f_0 = f_n \cdot f_t = 0,907227 \times 40 = 36,289 \text{ Hz.}$$

Filtrul va fi realizat cu circuitul integrat hibrid H 952 pentru care $R = 5 \cdot 10^4 \Omega$, ceea ce permite ca valorile rezistențelor R_G și R_Q să fie de 2 ori mai mici decît în cazul utilizării circuitului H 951. De asemenea, se alege configurația cu intrare neînversoare pentru care R_G și R_Q nu depind de frecvența de rezonanță, astfel încît acestea nu vor avea valori mari.

Pentru că $f_0 < 8$ kHz vor fi utilizate ecuațiile (A) corespunzătoare configurației cu intrare neînversoare :

$$1. \quad R_{F1} = R_{F2} = \frac{1,592 \times 10^8}{f_0};$$

$$2. \quad A_{TB} = Q \cdot A_{TJ} = Q \cdot A_{TS};$$

$$3. \quad R_G = \frac{R \cdot Q}{A_{TB} \cdot Q_p};$$

$$4. \quad R_Q = \frac{R}{2Q_p - \frac{A_{TB} \cdot Q_p}{Q} - 1}.$$

Se calculează valorile rezistențelor care determină frecvența :

$$R_{F1} = R_{F2} = \frac{1,592 \times 10^8}{f_0} = \frac{1,592 \times 10^8}{36,289} = 4387004,33 \Omega \cong 4,387 \text{ M}\Omega.$$

Produsul :

$$f_0 Q = 36,289 \times 1,1286 = 40,956 \ll 10^4 \cdot \text{Deci}$$

$$Q = Q_p.$$

Se alege $A_{TJ} = 1$ și se obține :

$$A_{TB} = Q \cdot A_{TJ} = 1,1286 \times 1 = 1,1286.$$

Se calculează acum valorile rezistențelor care determină amplificarea, respectiv factorul de calitate :

$$R_G = \frac{R \cdot Q}{A_{TB} \cdot Q_p} = \frac{R}{A_{TB}} = \frac{5 \cdot 10^4}{1,1286} = 44302,68 \Omega \cong \cong 44,3 \text{ k}\Omega.$$

$$\begin{aligned} R_Q &= \frac{R}{2Q_p - \frac{A_{TB} \cdot Q_p}{Q} - 1} = \frac{R}{2Q_p - A_{TB} - 1} = \\ &= \frac{5 \cdot 10^4}{2 \cdot 1,1286 - 1,1286 - 1} = \\ &= 388802,49 \Omega \cong 388,8 \text{ k}\Omega. \end{aligned}$$

Se observă că, dintre cele 4 rezistențe care configurează filtrul *TJ*, numai rezistențele care determină frecvența, R_{F1} și R_{F2} , au valori în afara domeniului uzual. Există 2 posibilități de a folosi valori practice pentru rezistențele R_{F1} și R_{F2} , ceea ce face ca filtrul *TJ* să poată fi configurat în 2 moduri diferite.

Varianta a. În acest caz fiecare dintre rezistențele care determină frecvența poate fi înlocuită cu cîte o rețea în *T*, pentru care valorile celor 3 rezistențe se calculează cu formula :

$$R_{F1} = R_{F2} = R_r = \frac{R_a \cdot R_b}{R_c} + R_a + R_b.$$

Alegîndu-se valorile convenabile : $R_a = 100 \text{ k}\Omega$ și $R_c = 400 \Omega$, rezultă :

$$\begin{aligned} R_b &= \frac{R_F - R_a}{1 + \frac{R_a}{R_c}} = \frac{4387004,33 - 100000}{1 + \frac{100000}{400}} = \\ &= 17079,7 \Omega \cong 17,08 \text{ k}\Omega. \end{aligned}$$

Schema electrică simplificată a filtrului *TJ* în această variantă este prezentată în figura 3a.

Varianta b. De asemenea, legarea unor condensatoare în paralel cu C_1 și C_2 (interne) reprezintă o altă modalitate de a micșora valorile rezistențelor R_{F1} și R_{F2} . Alegînd $C = 100 \text{ nF}$, rezultă :

$$\begin{aligned} R_{F1}(\text{nou}) &= R_{F2}(\text{nou}) = \\ &= R_{F1}(\text{vechi}) \frac{1000 \text{ pF}}{C + 1000 \text{ pF}} = \\ &= 4387004,33 \frac{1000}{100000 + 1000} = \\ &= 43435,69 \Omega \cong 43,44 \text{ k}\Omega. \end{aligned}$$

Schema electrică simplificată a filtrului *TJ* realizat în această variantă este cea prezentată în figura 3b.

Exemplul 3. Se va realiza un filtru *TS* tip Bessel, cu 4 poli și cu frecvența de tăiere $f_t = 2100$ Hz, utilizînd circuitul integrat hibrid H 951 pentru care $R = 10^5 \Omega$.

Din tabel rezultă că parametrii *TJ* normați sînt :

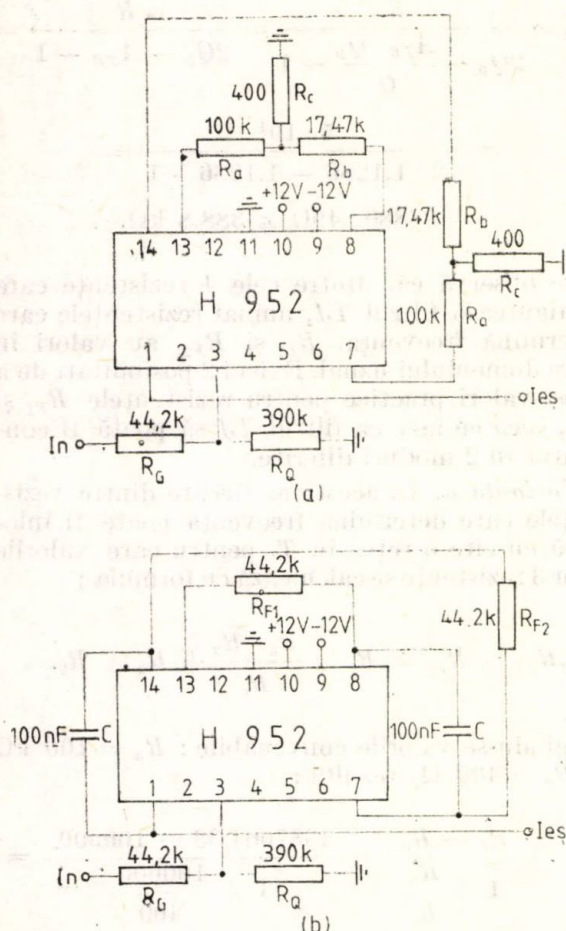


Fig. 3. Schemele electrice simplificate ale filtrului TJ pentru frecvențe joase:

(a) varianta obținută prin înlocuirea cu rețele în T a rezistențelor care determină frecvența (R_{F1} și R_{F2});
 (b) varianta obținută prin legarea unor condensatoare C în paralel cu C_1 și C_2 (interne).

$$\begin{aligned} f_{n1} &= 1,43241 & Q_1 &= 0,52193 \\ f_{n2} &= 1,60594 & Q_2 &= 0,80554. \end{aligned}$$

Se face transformarea parametrilor de la TJ la TS:

$$\begin{cases} f_{n1}(TS) = \frac{1}{f_{n1}(TJ)} = \frac{1}{1,43241} = 0,69812 \\ Q_1(TS) = Q_1(TJ) = 0,52193 \\ f_{n2}(TS) = \frac{1}{f_{n2}(TJ)} = \frac{1}{1,60594} = 0,62269 \\ Q_2(TS) = Q_2(TJ) = 0,80554. \end{cases}$$

Pentru a realiza filtrul TS sînt necesare 2 etaje de FAU conectate în serie, astfel încît, în continuare, calculele vor fi efectuate separat pentru fiecare etaj.

Etajul 1. Se denormează f_n :

$$f_{01} = f_{n1} \cdot f_i = 0,69812 \cdot 2100 = 1466,05 \text{ Hz.}$$

Se alege configurația cu intrare inversoare și, pentru că $f_0 < 8 \text{ kHz}$, vor fi utilizate ecuațiile de proiectare (A) corespunzătoare acestei configurații:

$$\begin{aligned} 1. \quad R_{F1} &= R_{F2} = \frac{1,592 \times 10^8}{f_0}; \\ 2. \quad A_{TB} &= Q_p \cdot A_{TS} = Q_p \cdot A_{TS}; \\ 3. \quad R_G &= \frac{R \cdot Q_p}{A_{TB}}; \\ 4. \quad R_Q &= \frac{R}{2Q_p + A_{TB} - 1}. \end{aligned}$$

Se calculează valoarea rezistențelor care determină frecvența:

$$\begin{aligned} R_{F1} &= R_{F2} = \frac{1,592 \times 10^8}{f_{01}} = \frac{1,592 \times 10^8}{1466,05} = \\ &= 108591,11 \Omega \approx 108,59 \text{ k}\Omega. \end{aligned}$$

Se calculează produsul:

$$\begin{aligned} f_0 \cdot Q &= f_{01} \cdot Q_1(TS) = 1466,05 \times 0,52193 = \\ &= 765,18 < 10^4. \text{ Rezultă că } Q = Q_p. \end{aligned}$$

Se alege amplificarea $A_{TS} = 1,41$ (3dB) și se obține:

$$A_{TB} = Q_p \cdot A_{TS} = 0,52193 \cdot 1,41 = 0,73592.$$

În cazul alegerii configurației cu intrare inversoare și a ecuațiilor de proiectare (A) trebuie să se verifice dacă este îndeplinită condiția $2Q_p + A_{TB} > 1$ (vezi ghidul de selecție a configurației). Deci, $2 \cdot 0,52193 + 0,73592 = 1,77978 > 1$, ceea ce demonstrează alegerea corectă a configurației.

Acum pot fi calculate valorile rezistențelor care determină amplificarea, respectiv factorul de calitate:

$$\begin{aligned} R_G &= \frac{R \cdot Q_p}{A_{TB}} = \frac{10^5 \cdot 0,52193}{0,73592} = \\ &= 70922,11 \Omega \approx 70,92 \text{ k}\Omega. \end{aligned}$$

$$R_Q = \frac{R}{2Q_p + A_{TB} - 1} =$$

$$\begin{aligned} &= \frac{10^5}{2 \cdot 0,52193 + 0,73592 - 1} = \\ &= 128241,3 \Omega \approx 128,24 \text{ k}\Omega. \end{aligned}$$

Etajul 2. Se denormează f_n :

$$f_{02} = f_{n2} \cdot f_t = 0,62269 \cdot 2100 = 1307,65 \text{ Hz.}$$

Folosind aceleași relații ca la etajul precedent se calculează valoarea rezistențelor care determină frecvența:

$$R_{F1} = R_{F2} = \frac{1,592 \times 10^8}{f_{02}} = \frac{1,592 \times 10^8}{1307,65} = 121745,12 \Omega \cong 121,74 \text{ k}\Omega.$$

Se calculează produsul:

$$f_0 \cdot Q = f_{02} \cdot Q_2(TS) = 1307,65 \times 0,80554 = 1053,36 < 10^4, \text{ deci } Q = Q_p.$$

Avînd în vedere că $A_{TS} = 1,41$ rezultă că:

$$A_{TB} = Q_p \cdot A_{TS} = 0,80554 \cdot 1,41 = 1,13581.$$

În acest caz, $2Q_p + A_{TB} = 2 \cdot 0,80554 + 1,13581 = 2,74689$, deci condiția $2Q_p + A_{TB} > 1$ este îndeplinită.

Acum pot fi calculate valorile rezistențelor care determină amplificarea, respectiv factorul de calitate:

$$R_G = \frac{R \cdot Q_p}{A_{TB}} = \frac{10^5 \cdot 0,80554}{1,13581} = 70922,07 \Omega \cong 70,92 \text{ k}\Omega.$$

$$R_Q = \frac{R}{2Q_p + A_{TB} - 1} = \frac{10^5}{2 \cdot 0,80554 + 1,13581 - 1} = 57244,59 \Omega \cong 57,24 \text{ k}\Omega.$$

Avînd în vedere faptul că sînt disponibile valorile rezistențelor R_{F1} , R_{F2} , R_G și R_Q pentru ambele etaje, poate fi stabilită schema electrică simplificată a filtrului TS , aceasta fiind prezentată în figura 4.

3. Rezultate și discuții

În figurile 5, 6 a și b, respectiv 7 sînt reprezentate funcțiile de transfer pentru filtrele TJ și TS analizate, fiecare figură conținînd cîte 3 curbe obținute pe căi diferite.

Astfel, curbele 1 au fost obținute prin trăsarea cu calculatorul a funcțiilor de transfer teoretice, acestea fiind: produsul expresiilor (1) și (3) pentru filtrul TJ funcționînd la frec-

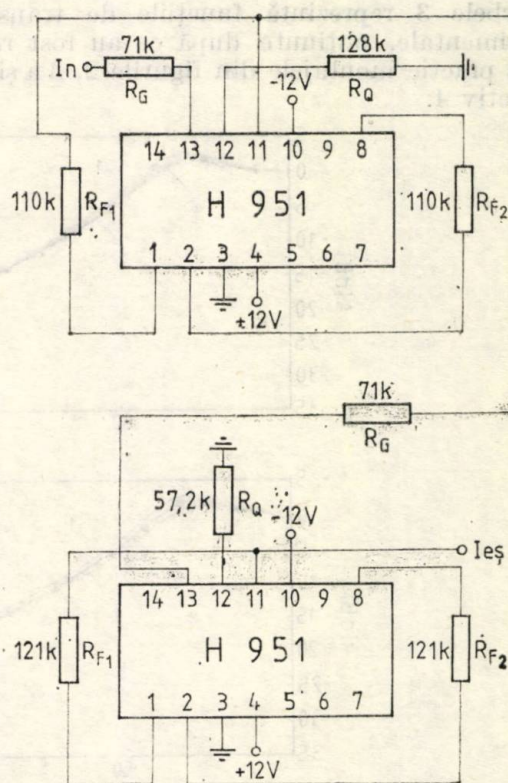


Fig. 4. Schema electrică simplificată a filtrului TS .

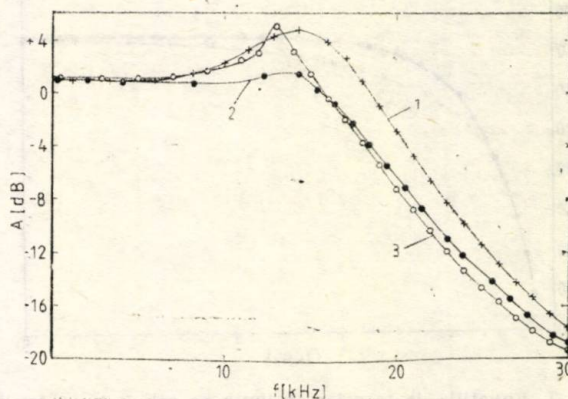


Fig. 5. Funcțiile de transfer obținute pentru filtrul TJ funcționînd la frecvențe medii.

vențe medii, expresia (1) pentru filtrul TJ de frecvență joasă, respectiv expresia (2) înmulțită cu ea însăși (cu valorile constantelor corespunzătoare celor 2 etaje) pentru filtrul TS . De precizat că, în acest caz, parametrii amplificatoarelor operaționale au fost considerați ideali.

Curbele 2 au fost obținute prin analiza cu calculatorul a schemelor electrice detaliate, ținîndu-se cont de parametri reali ai amplificatoarelor operaționale: $R_{in} = 1 \text{ M}\Omega$, $R_{ieș} = 30 \Omega$, $A_v = 10^5$, $\Delta U/\Delta t = 0,5 \text{ V}/\mu\text{s}$, iar polii amplificatorului la 10 Hz, respectiv la 1 MHz.

Curbele 3 reprezintă funcțiile de transfer experimentale, obținute după ce au fost realizate practic montajele din figurile 2, 3 a și b, respectiv 4.

metrii reali ai amplificatoarelor operaționale (vezi figurile 5, 6, respectiv 7).

În sfârșit, concordanța bună obținută între cele 3 curbe corespunzătoare filtrului *TJ* de

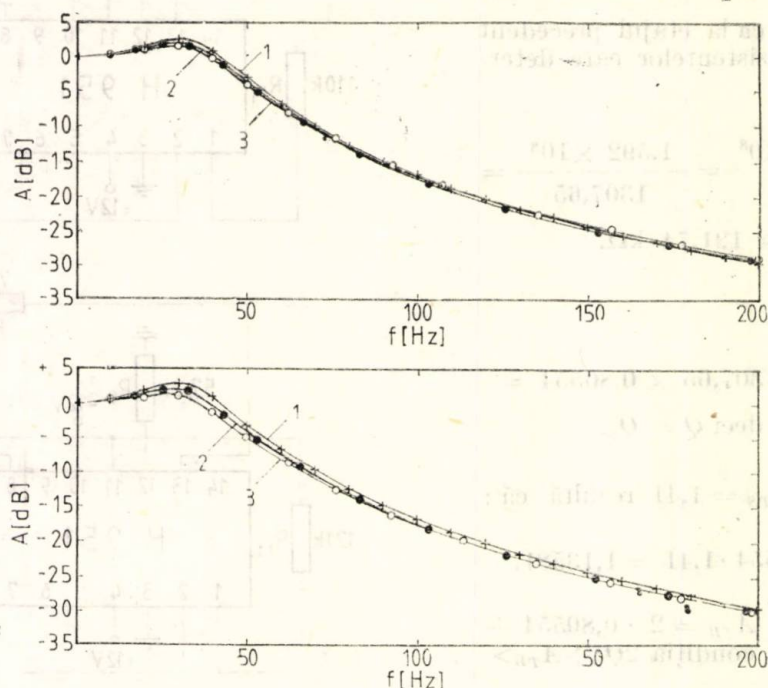


Fig. 6. Funcțiile de transfer corespunzătoare celor 2 variante de filtru *TJ* pentru frecvențe joase.

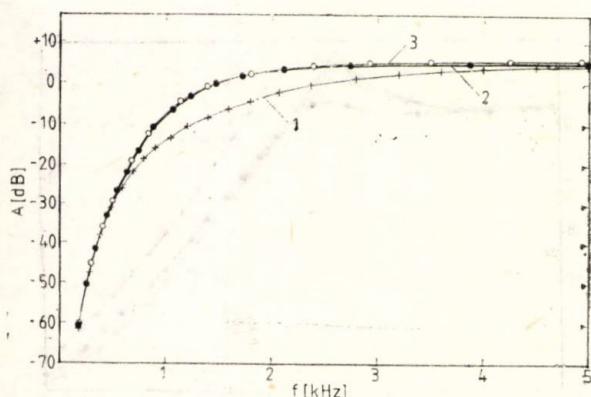


Fig. 7. Funcțiile de transfer obținute pe cele 3 căi diferite pentru filtrul *TS*.

Datorită faptului că, la trasarea cu calculatorul a funcțiilor de transfer teoretice, parametrii amplificatoarelor operaționale au fost considerați ideali se constată neconcordanțe relativ mari între curbele 1, pe de o parte, și curbele 2 și 3, pe de altă parte (vezi figurile 5 și 7).

Exceptind unele neconcordanțe constatate numai în zona riplului la filtrul *TJ* de frecvențe medii (fig. 5), concordanța bună dintre curbele 2 și 3 se poate explica prin faptul că, atât analiza cu calculatorul a schemelor electrice detaliate, cât și ridicarea punct cu punct pe schemele electrice realizate practic se bazează pe para-

frecvență joasă (vezi cele 2 seturi de câte 3 curbe din figurile 6 a și b) poate fi explicată prin faptul că, la astfel de frecvențe, erorile introduse de amplificatoare operaționale sînt mai mici (vezi și figurile 5, respectiv 7).

4. Concluzii

Cele 3 modalități de determinare a funcțiilor de transfer au dus la rezultate apropiate. Dacă se iau în considerare parametrii reali ai amplificatoarelor operaționale curbele obținute sînt în foarte bună concordanță.

Putînd constitui un ghid de proiectare pentru utilizatorii FAU, lucrarea de față demonstrează valabilitatea metodologiei de proiectare prezentate în lucrarea [4] prin analiza unor exemple de proiectare considerate de autori ca fiind reprezentative pentru filtrele *TJ* și *TS*. Partea a doua [5] a acestei lucrări va fi o investigație similară asupra filtrelor *TB* și *RB*.

Bibliografie

- [1] Maleescu, A., Dumitriu, N., Semnale și circuite de telecomunicații, Ed. didactică și pedagogică, București, 1979.
- [2] *** Burr-Brown Product Data Book, 1982.
- [3] Popescu, B., EEA — Automatica și Electronica, vol. 28, nr. 1, 1984, p. 18.
- [4] Popescu, B., EEA — Automatica și Electronica, vol. 32, nr. 3, 1988, p. 150.
- [5] Popescu, B., Antohi, R., Iovan, S., va fi publicată în EEA — Automatica și Electronica.

CZ 681.332: 621.37

INTELIGENȚA ARTIFICIALĂ

Sistem expert de testare și autodiagnoza în structuri multimicroprocesor TESS

MIHAI ALGIU *, VIVIANA ȘANDOR *, ION BAROSAN *, DORIN CĂRSTOIU ** — BUCUREȘTI

Introducere

Sistemul expert realizează testarea și autodiagnoza offline a unui echipament multimicroprocesor modularizat, cu aplicație la echipamente construite pe baza ansamblului modularizat tipizat MULTIPROM.

Proiectarea și folosirea sistemelor expert de diagnoză precum și aplicarea tehnicilor de inteligență artificială la softwareul pentru automatizări este o orientare recentă pe plan mondial.

Sistemul de programe satisface condiții de eficiență economică timpul de recuperare fiind de 2...2,5 ani, mai mic decât timpul de recuperare normativ pentru produse software de 4 ani.

La proiectare s-a urmărit încadrarea în performanțele produselor similare, asigurând creșterea competitivității echipamentelor românești destinate proceselor tehnologice.

1. Descrierea sistemului de programe

TESS asigură funcțiuni de detectare rapidă și localizare precisă a modulelor hardware defecte, de raportare promptă și explicită a defectelor apărute la nivel de chip, de indicare a posibilităților de depanare, sau a necesității de înlocuire a modului defect, pentru echipamente având în configurație UC MULTIPROM cu microprocesor 8086.

Sistemul expert este aplicat la echipamentul ECAROM 886 realizând funcția de autodiagnoză (fig. 1).

Deoarece ansamblul modularizat tipizat MULTIPROM este în continuă dezvoltare TESS îndeplinește condiția de flexibilitate, putând fi adoptat unor configurații diverse în care pot apare module noi și de asemenea noi tipuri de defecte.

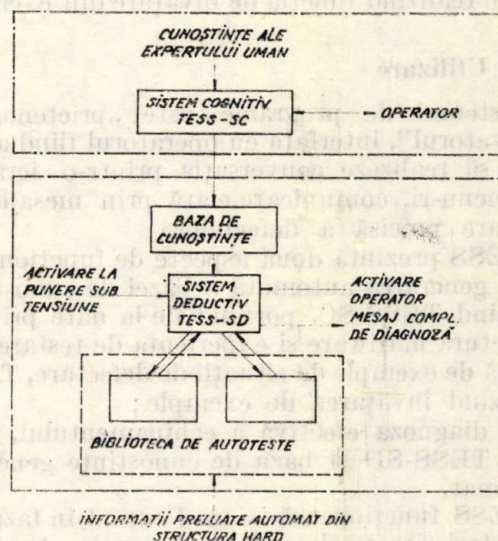
TESS este format din două subansamble care comunică prin fișiere.

a) TESS-SC sistem cognitiv de achiziție și gestionare a cunoștințelor privind echipamentul testat, cu date provenind de la specialiști în proiectarea/exploatarea/testarea acestuia.

b) TESS-SD sistem deductiv de diagnoză a echipamentului, cuprinzând și o bibliotecă corespunzătoare de programe de autotest.

* Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Automatizări — București.

** Institutul Politehnic București.



Schema bloc a sistemului de programe de testare și autodiagnoză-tess

- — — Se execută pe echipament de dezvoltare
- . - . - Se execută pe echipament

Față de o metodă standard de rulare la comanda operatorului a unor autoteste din bibliotecă, TESS oferă următoarele avantaje:

- alegerea unei ordini optime de execuție a testelor pentru fiecare configurație, ceea ce asigură o scădere a timpului de diagnoză;
- lansarea automată de către TESS a programelor de autotest și interpretarea completă a rezultatelor acestora;
- corelarea rezultatelor autotestelor cu informații oferite de module hardware de supraveghere sistem și cu eventuale informații cerute operatorului privind stări nedetectabile prin software, folosind experiența de testare din baza de cunoștințe, ceea ce asigură detectarea defectelor la nivel de sistem;
- folosirea eficientă a spațiului de memorie a echipamentului testat, prin memorarea înlăntuită a informațiilor absolut necesare testării;
- raportarea explicită a concluziei privind starea de funcționare a echipamentului, cu prime recomandări de depanare;
- motivarea la cerere a raportării făcute, prin listarea în formă naturală a rezultatelor parțiale luate în considerație și a raționamentului făcut.

Aceste avantaje rezultă din folosirea unor tehnici de IA, a unui algoritm de generare a bazei de cunoștințe optime din punct de vedere al memoriei ocupate și al timpului de detectare.

2. Algoritmul de generare a bazei de cunoștințe TESS-BC optime

Algoritmul care stă la baza sistemului cognitiv TESS-SC, oferă posibilitatea ca utilizatorul să introducă cunoștințele necesare pentru testarea configurației hardware MULTIPROM, într-un mod natural, sub forma de exemple de situații de defectare/funcționare corectă, sistemul realizând funcția de învățare din exemple.

3. Utilizare

Sistemul de programe este „prietenos cu utilizatorul”, interfața cu operatorul fiind astfel încât să realizeze conversația printr-o ierarhie de menu-uri, comunicare clară prin mesaje, raportare precisă a defectelor.

TESS prezintă două aspecte de funcționare :

a) generarea automată a bazei de cunoștințe folosind TESS-SC, pornind de la date privind structura hardware și experiența de testare sub formă de exemple de situații de defectare, TESS realizând învățarea de exemple ;

b) diagnoza efectivă a echipamentului, folosind TESS-SD și baza de cunoștințe generată automat.

TESS funcționează în mod curent în faza b), caracteristica unei exploatare uzuale. Aspectul a) apare la instalarea TESS pe o nouă configurație curentă, în caz de modificări hardware sau îmbogățirea experienței de testare.

Lansarea diagnozei are loc la punerea sub tensiune la cererea operatorului, sau la o cerere explicită de tipul „rulare de la adresa ...”

4. Configurația necesară

Pentru exploatare uzuală :

— echipament de proces ECAROM 886 sau altă structură MULTIPROM cu o unitate centrală cu microprocesor 8086.

Pentru reconfigurare :

— calculator Felix M216 sau Felix PC, sistem de operare MSDOS.

Pentru performanțe sporite :

— prezența în echipamentul testat a modulelor hardware de supraveghere a sistemului și analizor de semnătură.

5. Concluzii

Recente cercetări la nivel mondial se preocupă de folosirea sistemelor expert la diagnoza tehnică, a sistemelor de calcul, a echipamentelor cu microprocesor.

La noi în țară, la ITCI, au fost realizate sisteme cu inteligență artificială care pot realiza și diagnoză și anume INTEXP și sistemele pe mediul XRL : IDRS, ACTNET, XLOG. Acestea sînt sisteme complexe de programe de mari dimensiuni, cu timpi relativ mari de raționament, utilizate în mediul XRL sau LISP, care nu pot fi folosite al autodiagnoza echipamentelor cu microprocesor.

Sisteme similare cu sistemul TESS au fost realizate în SUA și anume : Expert Ease, Rulmaster, Titan. Sistemul TESS este proiectat astfel încît să îndeplinească performanța acestor sisteme :

— o bază de cunoștințe optimă atît ca timp de detectare a defectelor cît și ca spațiu de memorare ;

— overhead introdus de sistemul expert aprox. 0,1 secunde ;

— spațiu de memorare aprox. 2 Ko ;

— timp de detectare a defectului = 0,1 s + + timpul programelor de autotest ;

— memorie ocupată = 2K + spațiul programelor de autotest.

Sistemul expert de testare și autodiagnoză este un produs cu un nivel tehnic ridicat, fiind realizat pe baza unor concepte noi, de inteligență artificială.

Prin realizarea funcției de autotestare, sistemul contribuie la creșterea calității și fiabilității în activitatea de conducere a proceselor folosind echipamentul MULTIPROM.

Bibliografie

- [1] * * * „Sisteme cu inteligență artificială pentru aplicații în automatizări industriale — Sistem expert de testare și autodiagnoză în structuri multiprocesor” IPA — 1987, 1988.
- [2] Georgescu, I. Elemente de inteligență artificială, Ed. Academiei 1985.
- [3] Giumale, C. Structuri de date și tehnici de programare — note de curs — 1985.
- [4] Sandor, V. Pachet de funcții pentru raționament deductiv — proiect de diplomă, 1986.
- [5] Quinlan, J. R. Discovering rules by induction from large collections of examples (Expert systems in Microelectronic Age) 1979.
- [6] Mittal, S., Chandrasekaran, B., Sticklen, J. Patrec — A Knowledge — Directed Database for a Diagnostic Expert System — (IEEE Computer) 1984.
- [7] * * * Mark 2000 CNC: a system designed for self test (General Electric Lab. rep. 1983).
- [8] Chiang, A., Caskill, R. Mc. Two new approaches simplify testing of microprocessors (Applying microprocessors) 1976.
- [9] * * * Reasoning with worlds and truth maintenance (Communications of ACM 1988).
- [10] Sandor, V. Sisteme expert de tip decizional (Seminari de inteligență artificială — IPA August 1987).

CZ 621.316.5: 621.375.4

INVERTOR

Invertoare cu tranzistoare de putere pentru surse de alimentare neîntreruptă

CONSTANTIN MADA, ION NICULESCU, FLORIA ALEXANDRU, OCTAVIAN PETROV,
CODRUȚ CHIVULESCU * — BUCUREȘTI

Introducere

Invertoarele fac parte din ansamblul SAN (sursă de alimentare neîntreruptă), utilizate pentru alimentarea consumatorilor vitali (calculatoare de proces, echipamente de control ale centralelor electrice).

Invertoarele sînt prevăzute să lucreze sincronizate cu rețeaua sau cu alte invertoare.

Întrucît SAN sînt, de obicei, echipamente de joasă tensiune, în locul invertoarelor cu tiristoare se pot utiliza invertoarele cu tranzistoare de mare putere, cu avantajele cunoscute în ceea ce privește dinamica și factorul de distorsiuni.

În lucrare se prezintă principiul de funcționare PWM, detaliile constructive și performanțele obținute.

1. Modularea sinusoidală în durată (PWM)

Expresia matematică completă a formei de undă cu modulare în durată (PWM) este destul de complexă și depășește scopul acestei prezentări.

De aceea vom arăta pe scurt ce înseamnă modulare sinusoidală în durată (PWM).

PWM este un proces liniar de modulare, în care lățimea, sau durata, fiecărui impuls dintr-un tren de impulsuri este proporțională cu valoarea instantanee a unui semnal de modulare. O metodă de a obține un tren de impulsuri modulate în lățime este arătată în figura 1.

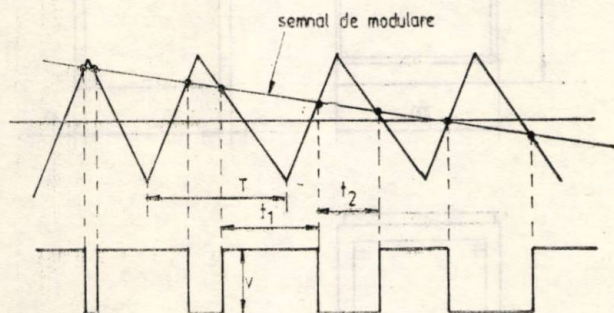


Fig. 1. Principiul modulării PWM.

Semnalul de modulare este comparat cu o formă de undă de referință, de perioadă și amplitudine fixe (în acest caz o undă triunghiulară).

* Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Automatizări — București.

Valoarea medie instantanee a unui impuls din tren este :

$$V_m = \frac{1}{T} \int_0^T V dt = V \cdot \frac{t_1 - t_2}{T}$$

Circuitul de bază pentru generarea impulsurilor PWM este arătat în fig. 2.

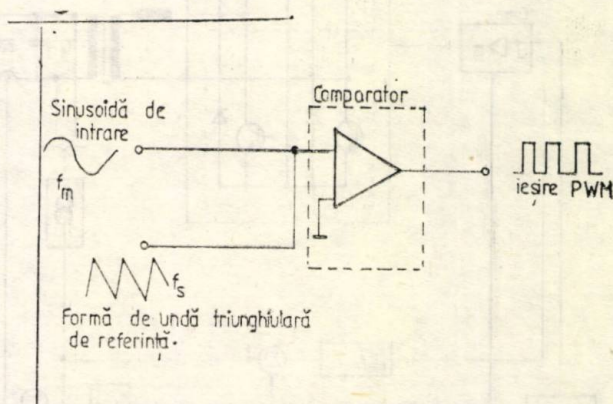


Fig. 2. Circuitul de bază pentru generarea impulsurilor.

Calitativ, spectrul de frecvență arată ca în figura 3.

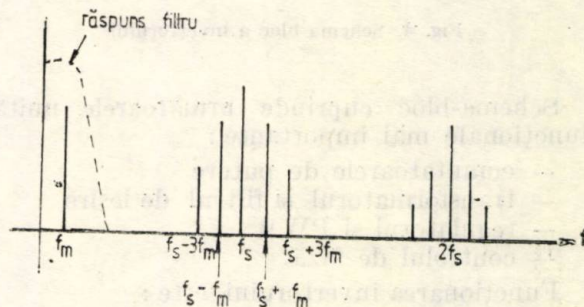


Fig. 3. Spectrul de frecvență la modularea PWM.

După cum se vede, liniile spectrale apar la f_m , frecvența de modulare f_s , frecvența purtătoare și armonicile lui f_s .

Linia spectrală la f_m , nu este însoțită de nici o altă linie spectrală și acest lucru face posibilă recuperarea semnalului original de modulare. Se poate vedea cum cu un simplu filtru trece jos se poate extrage semnalul de modulare, după amplificarea sa în putere.

Distorsiunile semnalului recuperat sînt date de armonicile frecvenței purtătoare, care cad în afara benzii de trecere a filtrului. Aceste distorsiuni pot fi făcute neînsemnate, sub 3 %, alegînd frecvența purtătoare mult mai mare decît frecvența de modulare.

2. Prezentarea invertorului

Folosind avantajul modulării în durată a fost elaborat invertorul monofazat cu tranzistoare de putere a cărui schemă bloc este arătată în figura 4.

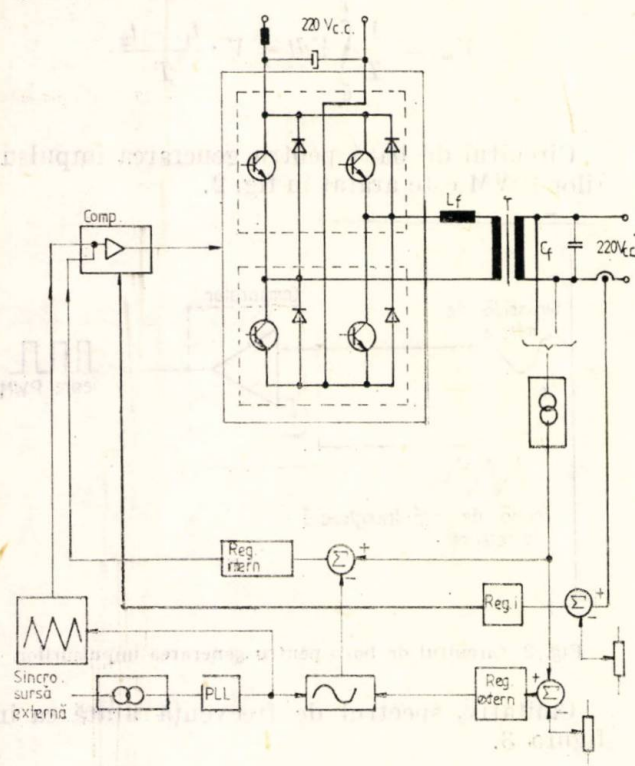


Fig. 4. Schema-bloc a invertorului.

Schema-bloc cuprinde următoarele unități funcționale mai importante :

- comutatoarele de putere
- transformatorul și filtrul de ieșire
- regulatorul și PWM
- controlul de fază.

Funcționarea invertorului este :

tensiunea de ieșire se aplică regulatorului de valoare instantanee, unde este comparată cu o sinusoidă de referință, ce poate fi sincronizată cu o altă sursă. Amplitudinea referinței este controlată de regulatorul de eroare mediu.

Tensiunea de eroare instantanee este aplicată modulatorului, care generează forma de undă PWM, aceasta fiind aplicată etajului de putere. Etajul de putere alimentează transformatorul și filtrul care elimină frecvența purtătoare. Din transformator se obține o formă de undă sinusoidală.

Etajul de putere

Constă dintr-o punte cu patru tranzistoare disc de 100 A sau 250 A. Pe ieșirea punții se află transformatorul împreună cu filtrul (fig. 4). Tranzistoarele cu colectorul comun, respectiv cele cu emitorul comun se află pe câte un radiator.

Electronica de comandă

Cuprinde : regulatorul de valoare instantanee, regulatorul de valoare medie, generatorul de sinusoidă, modulatorul în durată, bucla PLL, regulatorul de curent, protecțiile specifice invertorului și sursa de alimentare.

Din punct de vedere constructiv electronica de comandă se află pe două plăci rabatabile așezate în fața punții cu tranzistoare.

3. Soluția constructivă a invertorului

Din punct de vedere constructiv, invertorul se prezintă sub forma unui dulap (fig. 5) care cuprinde, în afara punții cu tranzistoare, electronicii de comandă, transformatorul și filtrul de ieșire : contactoarele statice de transfer invertor și rețea. SAN se obține prin ali-

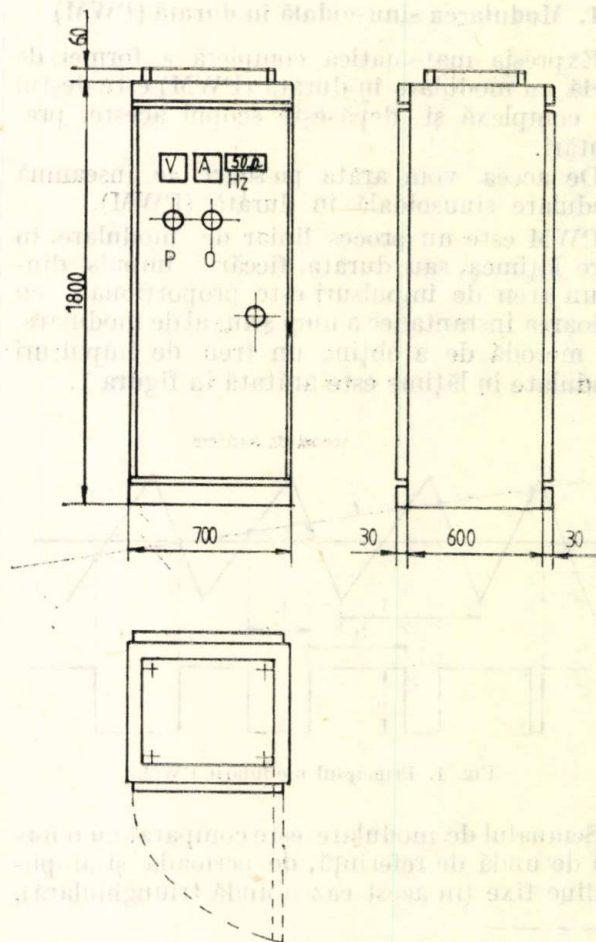


Fig. 5. Dulap invertor.

mentarea invertorului dintr-un redresor de același gabarit din noua serie de redresoare (RUT) cu module tiristor.

Performanțele invertorului de 6,3 kVA (10 kVA) IMT 220/220-50-6,3

Tensiune de intrare: 220Vc.c.(187...275V)

Tensiune de ieșire: 220Vc.a. (ajustabilă în gama $\pm 5\%$)

Puterea: 6,3 kVA (10kVA)

Abaterea tensiunii de ieșire: $\pm 1\%$ maximum pentru $-0 \div 100\%$ curent de sarcină

— variația tensiunii de intrare între min. și max.

— factor de putere între 0,8 și 1.

Abaterea tranzitorie a tensiunii de ieșire la șoc de sarcină: $< 10\%$ pentru șoc de sarcină $0 \div 100\%$
Distorsiuni: $< 3\%$
Frecvența: 50Hz
Domeniu de sincronizare: $\pm 1\text{Hz}$ sau $\pm 2,5\text{Hz}$
Suprasarcină: 10% continuu

Performanțele sînt corespunzătoare cu ale celor mai importante firme care livrează asemenea instalații.

Bibliografie

- [1] Iordache, C., Mada, C., Gavăț, St., Niculescu, I. Invertoare pentru surse de alimentare neîntreruptă de mică putere — Simpozionul de electronică de putere și aplicații, București, iunie 1987.

CZ 621.316.5

INVERTOR TRIFAZAT

Analiza invertorului trifazat cu curent de fază cvasisinusoidal

DUMITRU STANCIU, GABRIELA POREMBSCHI* — BUCUREȘTI

Introducere

Lucrarea prezintă o analiză originală a invertorului trifazat cu curent de fază cvasisinusoidal funcționând pe sarcină activă. Lucrarea cuprinde: modul de operare, schema echivalentă utilizând vectorii Park, metodele tipice de comandă pentru obținerea curentului de fază cvasisinusoidal (modulația flotantă, prin urmărirea unei modulatorare și modulația sinusoidală în durată), precum și rezultatele obținute prin simulare pe calculatorul numeric.

1. Modul de operare

Se consideră invertorul trifazat cu tranzistoare din figura 1 care funcționează cu modulare, curentul pe fază fiind cvasisinusoidal cu frecvența f_0 mult mai mică decât frecvența minimă „purătoare” f . Invertorul funcționează pe sarcina activă simetrică a cărei constantă de timp $L/R \gg 1/2\pi f$.

Pentru a se obține curent de fază cvasisinusoidal este necesar ca:

— fiecare dispozitiv T_i , D_i ($i = 1, 2, \dots, 6$) să comute în timpul unei jumătăți de perioadă $TO = 1/f_0$;

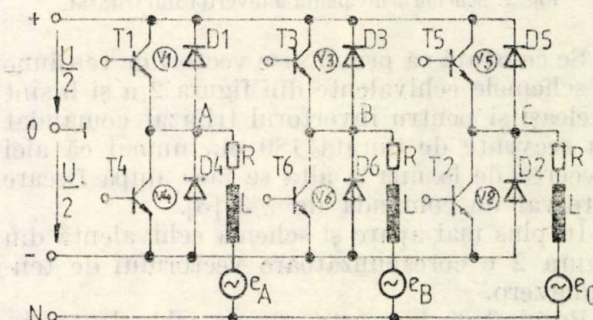


Fig. 1. Invertor trifazat în punte.

Notă: V_i — comutator conținând componentele T_i , D_i cu $i = 1, 2, \dots, 6$.

— în timpul fiecărei jumătăți de perioadă în fiecare fază comută fie tranzistorul din steaua superioară împreună cu dioda din steaua inferioară și invers;

— de la un interval de $\pi/3$ la altul comută un singur grup de dispozitive semiconductoare de pe una din faze;

— într-un interval de durată $\pi/3$ conduc totdeauna trei dispozitive, câte unul din fiecare fază, existînd maximum opt posibilități notate cu $k = 1, \dots, 8$.

Acest mod de funcționare este valabil pe durata unei perioade, cu excepția unui interval în jurul trecerilor prin zero ale curentului de fază. În jurul trecerilor prin zero ale curentului

* Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Automatizări — București.

de fază, pe faza respectivă pot conduce atît dispozitivele semiconductoare care conduc pe durata alternanței pozitive ale curentului cît și cele care conduc pe durata alternanței negative și suplimentar comutațiile în cadrul fiecărui comutator V_i .

2. Schema echivalentă utilizînd vectorii Park

Pornind de la modul de comutare prezentat anterior într-un interval de durată $\pi/3$ pentru șase ($k = 1, \dots, 6$) din cele opt posibilități rezultă șase vectori Park de tensiune de același modul $2U/3$ defazați între ei cu cîte $\pi/3$ doi cîte doi, iar pentru celelalte două posibilități ($k = 7, 8$) rezultă vectorul zero.

Trecerea de la un vector la altul se face funcție de ordinea în care se succed cele opt combinații $\pi/3$.

Pentru un interval de $\pi/3$ oricare ar fi combinația de dispozitive care conduc și succesiunea dintre ele rezultă trei scheme echivalente pentru inverter, arătate în figura 2.

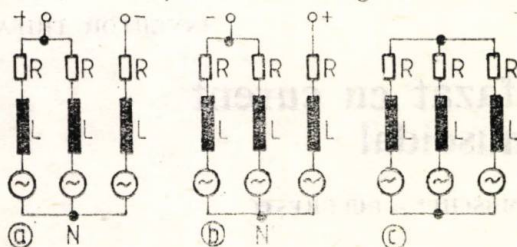


Fig. 2. Schema echivalentă a inverterului trifazat.

Se constată că primii șase vectori de tensiune și schemele echivalente din figura 2 a și b sînt aceleași și pentru inverterul trifazat comandat cu secvențe de durată 180 el., numai că aici trecerea de la una la alta se face după fiecare interval de comandă de $\pi/3$ [3].

În plus mai apare și schema echivalentă din figura 2 c corespunzătoare vectorului de tensiune zero.

Pornind de la aceste scheme echivalente putem considera inverterul trifazat cu sarcina activă, ca un circuit serie $R, L, \bar{e}$ căruia i se aplică vectorul Park de tensiune $\bar{u}_k$ și prin care circulează vectorul Park de curent $\bar{i}_{kj}$ (fig. 3), unde

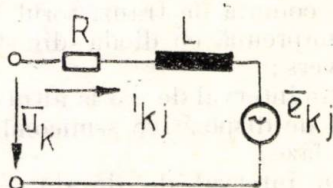


Fig. 3. Schema echivalentă utilizînd vectorii Park.

k ia una din valorile 1, 2, ..., 8 funcție de succesiunea combinațiilor de dispozitive care conduc, iar j reprezintă numărul de comutații dintr-o șesime de perioadă.

Pentru motorul asincron cu rotorul în scurt-circuit ca sarcină a inverterului trifazat, pornind de la ecuațiile mașinii scrise vectorial față de un sistem de axe fix, solidar cu statorul obținem :

$$\bar{u}_s = r_s \bar{i}_s + \sigma L_s \frac{d\bar{i}_s}{dt} + \frac{L_m}{L_r} \frac{d\bar{\Psi}_r}{dt}$$

unde $\bar{\Psi}_r$ — vectorul fluxului rotoric; $\bar{i}_s$; $\bar{u}_s$ — vectorii curentului și tensiunii statorice; $\sigma = 1 - L_m^2/L_s L_r$; L_s ; L_r — inductivitatea statorului, respectiv rotorului; r_s — rezistența statorului; L_m — inductivitatea mutuală.

Comparînd această ecuație cu schema echivalentă din figura 3 rezultă :

$$\bar{u}_k = \bar{u}_s; R = r_s; L = \sigma L_s; \bar{i} = \bar{i}_s;$$

$$\bar{e} = \frac{L_m}{L_r} \frac{d\bar{\Psi}_r}{dt}.$$

Pentru schema de reglare vectorială a curentului statoric se obține :

$$e_\alpha = \frac{L_m}{L_r} \psi_{r\alpha}^k \omega_s \cos \theta_k \text{ și } e_\beta = -\frac{L_m}{L_r} \psi_{r\alpha}^k \omega_s \sin \theta_k$$

unde $\psi_{r\alpha}^k$ — componenta α a fluxului rotoric față de un sistem de axe rotitor k , solidar cu cimpul învîrtitor din mașină în așa fel încît $\psi_{r\beta}^k = 0$; $d\theta_k/dt = \omega_s$ — pulsația statorică.

Aceste considerente permit o analiză completă a inverterului trifazat cu curent de fază cvasisinusoidal avînd ca sarcină un motor asincron cu rotorul în scurtcircuit funcție de metoda de comandă aleasă.

3. Metode tipice de comandă

Obținerea curentului de fază cvasisinusoidal la ieșirea unui inverter trifazat în punte cu tranzistoare se face utilizînd metode de comandă bazate pe tehnicile de modulare a impulsurilor. Cele două metode de modulare principal distincte sînt modulația flotantă, prin urmărirea unei modulatorare și modulația sinusoidală în durată.

În lucrările [2] și [3] sînt prezentate și analizate aceste tehnici aplicate unui inverter monofazat, iar în [4] și [5] se încearcă o prezentare sumară a aplicării acestora la un inverter trifazat. În cele ce urmează ne propunem să prezentăm aplicarea acestor tehnici de modulație la un inverter trifazat și mai ales a aspectelor care diferă față de inverterul monofazat.

3.1. Modulația flotantă, prin urmărirea unei modulatorare

Această metodă constă în compararea mărimii de ieșire cu unda modulatorare de referință într-o buclă închisă de reglare.

Deosebirea esențială, în cazul acestei metode, între modul de funcționare al inverterului monofazat și cel trifazat constă în obligativitatea conectării sarcinii la unul din polii sursei de alimentare. De altfel, nu existența acestor situații este deranjantă, ci faptul că aceste momente sînt aleatorii și mai ales durata lor nedeterminată. Mărimea de referință $I \sin \omega t$ însumată cu histerezisul HO ($I \sin \omega t \pm HO$) poate fi depășită, dar această depășire este numai spre interiorul sinusoidei (în sensul scăderii curentului).

Se poate concluziona că fenomenele deja analizate sînt o consecință directă a reglajului independent pe fiecare fază care conduce la apariția aleatorie a duratelor de conducție liberă.

Din cele prezentate mai înainte rezultă că sînt posibile toate cele opt situații care se succed în mod aleatoriu. Pe o durată de $\pi/3$ a vectorului de curent, vectorul de tensiune ia naștere din toți cei șase vectori Park diferiți de zero și defazați între ei cu $\pi/3$ plus vectorul zero în mod aleatoriu.

3.2. Modulația în durată cu undă sinusoidală

Metoda constă în compararea a două funcții periodice: o „purătoare” de frecvență ridicată și de formă de obicei triunghiulară, cu funcția „modulatoare” avînd frecvența fundamentală și forma dorită. Pentru obținerea unui curent trifazat cvasisinusoidal de frecvență și amplitudine variabilă, funcția modulatoare constă dintr-un sistem trifazat de unde sinusoidale defazate între ele cu $2\pi/3$.

Pentru acest mod de comandă sînt posibile numai patru situații din cele opt existente în general pentru fiecare interval de durată $\pi/3$ și care se întîlnesc la modulația flotantă. La aceste patru situații corespund patru vectori de tensiune dintre care numai doi diferiți de zero. De asemenea, rezultă că, la un interval

al curentului de durată $\pi/3$ participă doi vectori de tensiune adiacenți și vectorii de modul zero $\vec{u}_7, \vec{u}_8$.

4. Simularea inverterului trifazat

Cu notațiile din figura 1 se asociază fiecărei faze semnale logice astfel: pentru faza A semnal logic „1” cînd conduce comutatorul $V1$ și semnal logic „0” cînd conduce comutatorul $V4$. Se procedează analog și pentru fazele B și C .

Pentru simularea pe calculator sînt necesare ecuațiile de stare scrise pe schema echivalentă din figura 3, timpii de comutație care sînt funcție de metoda de comandă aleasă și matricea de periodicitate [6].

Timpii de comutație în cazul utilizării modulației flotante sînt dați de relațiile:

$$i_{kj} = I \cdot \sin \omega_0 t_j \pm H_0 \text{ pentru faza } A.$$

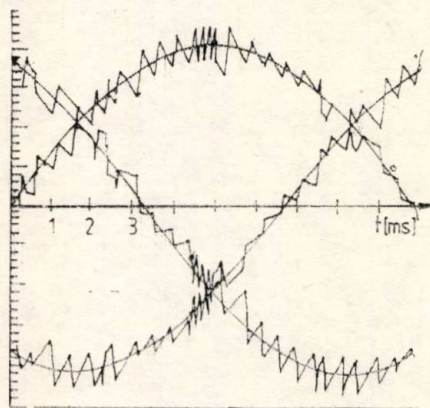
Pentru fazele B și C se înlocuiește $\sin \omega_0 t_j$ cu $\sin(\omega_0 t_j + 2\pi/3)$ respectiv $\sin(\omega_0 t_j + 4\pi/3)$.

Rezultatele obținute sînt arătate în figura 4 a, b, pentru regimul staționar și respectiv pentru regimul dinamic. În figura 4 a se constată existența intervalelor de conducție liberă de durată necontrolată și depășirea histerezisului spre interiorul sinusoidei, iar în figura 4 b stabilirea rapidă a curentului de sarcină pornind din condiții inițiale nule.

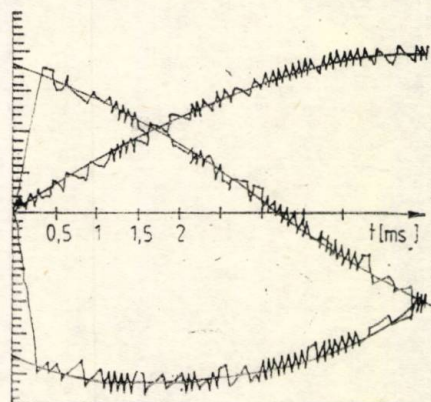
În cazul utilizării modulației sinusoidale în durată, timpii de comutație pentru faza A sînt soluțiile ecuației:

$$a + \cos \omega_0 t_j = (-1)^{j+1} \cdot 4 \left[\frac{t_j}{\tau_0} - \text{Intr}(j/2) \right] a$$

unde $\text{Intr}(j/2)$ este partea întreagă a lui $j/2$, iar a și τ_0 reprezintă amplitudinea, respectiv perioada unei triunghiulare.

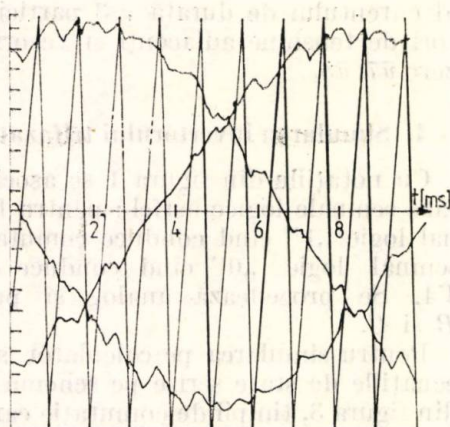


Ⓐ Regim staționar

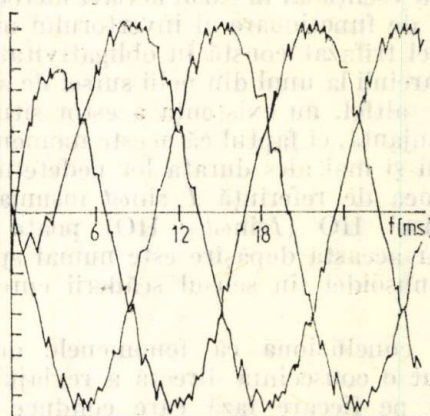


Ⓑ Regim dinamic

Fig. 4. Modulația flotantă prin urmărirea unei modulatoare.



Ⓐ Regim staționar



Ⓑ Regim dinamic

Fig. 5. Modulația în durată cu undă sinusoidală.

Pentru fazele B și C se înlocuiește $\cos \omega_0 t_j$ cu $\cos(\omega_0 t_j + 2\pi/3)$ respectiv $\cos(\omega_0 t_j + 4\pi/3)$.

Rezultatele obținute sînt arătate în figura 5a, b, pentru regimul staționar, respectiv pentru regimul dinamic. În figura 5a se constată existența intervalelor de conducție liberă de durată controlată, iar în figura 5b stabilirea mai lentă a curentului în sarcină pornind din condiții inițiale nule.

5. Concluzii

Metoda de analiză a inverterului trifazat cu curent, sin de fază cvasisinusoidal funcționind pe sarcină activă prezentată, bazată pe schema echivalentă utilizind vectorii Park permite o simulare completă și simplă a acestuia funcție de metoda de comandă aleasă: modulația flotantă prin urmărirea undei modulatorie și modulația în durată cu undă sinusoidală. Rezultatele obținute prin simulare sînt în concordanță cu cele experimentale.

Bibliografie

- [1] Jordan R. K., Dewan B. S., Slemon R. G. — General Analysis of Three-Phase Inverters, IEEE Trans. on Industry) and Gen. App. vol. 1 1GA-5, no. 6, 1969, pag. 672...679.
- [2] Teodorescu I., Horvath A. — Contribuții la teoria inverterului urmăritor — CNETAC'84, București, 1984, vol 2, pag. 305—315.
- [3] Capolino A. G., Hasnaoui O. Survey of PWM Techniques for Single Phase Transistor Inverters, EPE — Brussels, 1985, pag. 2.93...2.98.
- [4] Mazenc L. M., Villanueva C., Hector J. Study and Implementation of Hysteresis Controlled Inverter on a Permanent Magnet Synchronous Machine, IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 1. 1A—21, no. 2, 1985, p. 408—413.
- [5] Andrieux C., Mazenc L. M. — Analysis of Different Current Control Systems for Inverter — Fed Synchronous Machine, EPE Brussels, 1985, pag. 2, 159—165.
- [6] Stanciu D., Porembsch G. — Analiza și modelarea sistemelor multivariabile cu comutație periodică, Automatica și Electronica nr. 2: 1988, pag. 70...78.

CZ 621.397.3:004

TRADUCTOARE PENTRU CONTROL INDUSTRIAL

Dispozitive inteligente destinate controlului tehnologic al fabricației

ION MUSCELEANU, CORNELIU SAFTA-ZECHERIA* — BUCUREȘTI

Asigurarea controlabilității derulării diverselor secvențe tehnologice sau tehnologii de fabricație implică și necesitatea efectuării controlului consumurilor specifice de materii prime, materiale, ape industriale (apă spălare, apă răcire, apă ca agent termic etc.), energie electrică etc.

Controlul tehnologic al fabricației este o filosofie de control digital ierarhic care va fi reconsiderată într-o largă măsură datorită prezentei dezvoltări de traductoare inteligente.

Dacă în trecutul apropiat procesul de asimilare în fabricație și procesul de fabricație al aparaturii destinate controlului tehnologic al aplicației viza în primul rând asigurarea registrului inițial de performanțe tehnice și uneori fiabilitatea (fig. 1a) în prezent se urmărește echilibrarea ponderilor acordate tuturor factorilor de natură să influențeze eficiența economică a utilizării unui produs (fig. 1b):

— eficacitatea operațională a produsului sau măsura în care se poate presupune că produsul poate satisface cerințele specifice ale aplicației date în anumite condiții și pentru o anumită perioadă de timp;

— costurile totale de utilizare a produsului care reprezintă suma tuturor costurilor reclamate beneficiarului de utilizarea produsului: costuri de achiziție, transport, depozitare, verificare, instalare, costurile de menținere a eficacității operaționale a produsului precum și costurile înregistrate datorită stagnării procesului industrial.

Creșterea eficacității operaționale a traductoarelor cu ultrasunete se obține îndeosebi prin gama extinsă de aplicabilitate, prin utilizarea metodei de măsurare fără contact, prin inexistența unor elemente în mișcare etc. în timp ce reducerea costurilor de utilizare se obține în principal prin reducerea costurilor de menținere a eficacității operaționale și a costurilor datorate stagnării proceselor industriale.

În plus, posibilitatea utilizării prelucrării digitale a semnalului informațional oferă avantajul unei precizii ridicate în condițiile indicării facile a operării corecte a diverselor blocuri funcționale și a unei mentenanțe mult ușurată.

În acest context, noile traductoare inteligente de debit fabricate de IPA măsoară cu acuratețe debitul fluidelor utilizând tehnologia modernă ultrasonică.

Măsurarea diferenței timpului de parcurs utilizată este o metodă volumetrică și se bazează pe următorul principiu: „Timpul de parcurs al unei unde ultrasonice nu depinde numai de viteza ultrasunetelor ci și de viteza mediului în care se propagă ultrasunetele”.

Vitezele medii ale ultrasunetelor transmise în aval și în amonte sînt, respectiv:

$$\bar{v}_u^- = \bar{c} - \bar{v}_F \cos \theta \quad (1)$$

$$\bar{v}_u^+ = \bar{c} + \bar{v}_F \cos \theta \quad (2), \text{ unde}$$

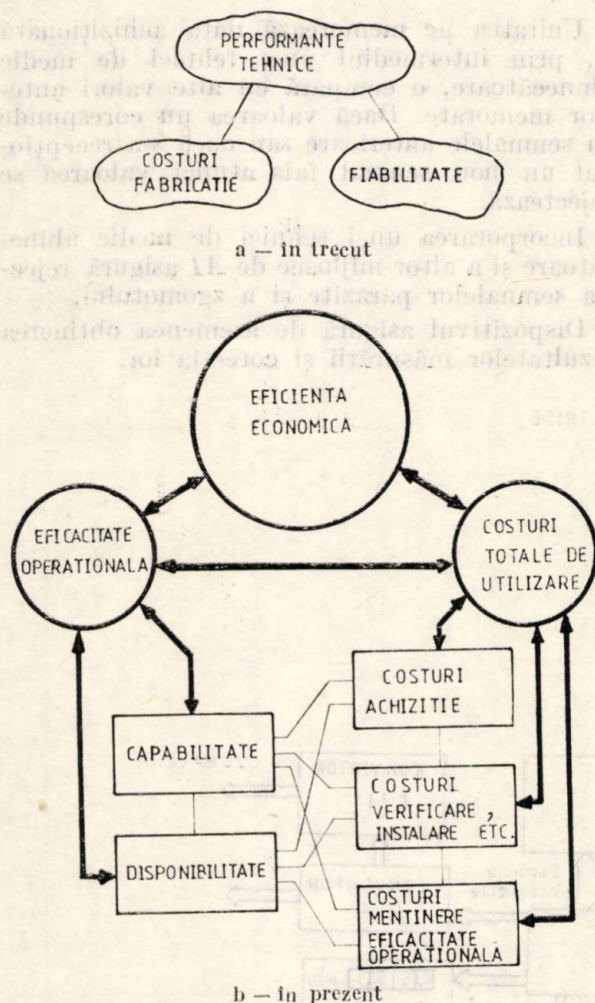


Fig. 1. Echilibrarea factorilor eficienței economice.

* Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Automatizări — București.

„c” reprezintă viteza ultrasunetelor în fluid la o temperatură T , presiune p și compoziție specifică fluidului.

Diferența timpilor de parcurs a undelor ultrasonice Δt este (utilizând (1) și (2)) :

$$\Delta t = t^+ - t^- = \frac{L}{\bar{v}_u^-} - \frac{L}{\bar{v}_u^+} \cong \frac{2L \bar{v}_r \cos \theta}{c^2(T)} \quad (3), \text{ unde}$$

L reprezintă distanța dintre cele 2 convertoare piezoelectrice.

Dar, $c^2(T)$ este de fapt puternic dependent cu temperatura și eroarea rezultantă ar fi inacceptabilă; din acest motiv, (3) este corectat permanent prin măsurarea lui „c” :

$$c^2(T) = \frac{L^2}{t_{med}^2} = \frac{L^2}{\left(\frac{t^+ + t^-}{2}\right)^2} \quad (4)$$

Formula finală de calcul al debitului este :

$$Q_v = K_q \cdot \frac{t^+ - t^-}{\left(\frac{t^+ + t^-}{2}\right)^2} \quad (5), \text{ unde}$$

K_q este un factor dimensional și dependența cu temperatura a lui „c” este astfel compensată.

Bazic, noul traductor inteligent făcut de IPA constă din următoarele elemente de bază : două convertoare piezoelectrice pentru ultrasunete, unitate emisie/recepție, unitate logică și μc (fig. 2).

Unitatea μc generează o serie de pulsuri de emisie care sînt transferate prin blocul logic și unitatea de emisie către convertorul piezoelectric. Convertorii piezoelectrice își transmit unul altuia fasciculul ultrasonic care este detectat și retrimis către unitatea μc prin unitatea de recepție și blocul logic.

Deoarece inteligența artificială (AI) este o resursă tehnologică, care mărește siguranța operării industriale, penetrarea ei necesară în domeniul traductoarelor a fost rapidă.

Cele mai importante funcții AI care au fost incorporate sînt detaliate în tabelul 1.

Funcția de selecție a strategiei de măsură a îmbunătățit deosebit rezultatele măsurătorii deoarece o posibilă alterare a compoziției lichidului poate conduce la pierderea recepției semnalelor.

Traductorul inteligent de debit poate utiliza date de măsură obținabile „a priori” despre „măsurand” și, în funcție de factorii de influență, poate valida achiziția datelor „ t^+ ” și „ t^- ”.

Unitatea μc memorează data achiziționată și, prin intermediul unei tehnici de medie alunecătoare, o compară cu alte valori anterior memorate. Dacă valoarea nu corespunde cu semnalele anterioare sau dacă s-a recepționat un nou semnal fals atunci valoarea se rejectează.

Incorporarea unei tehnici de medie alunecătoare și a altor mijloace de AI asigură rejecția semnalelor parazite și a zgometului.

Dispozitivul asigură de asemenea obținerea rezultatelor măsurării și corecția lor.

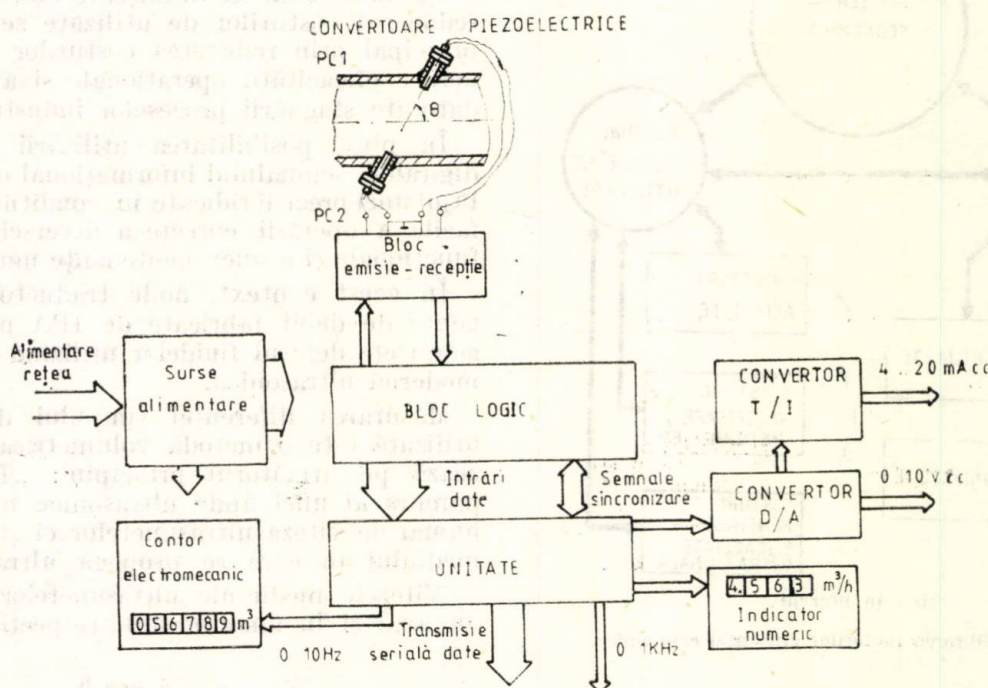


Fig. 2. Schema-bloc. Traductor inteligent pentru măsurarea debitului fluidelor.

Tabelul 1

Impactul AI asupra dispozitivelor inteligente din IPA

Funcția AI	Operator uman	Nivele AI	
		Decizii logice	Algoritmi autoadaptabili
Selecția strategiei de măsură	DA	DA	DA
Utilizarea informației „a priori” despre „măsurand” și factorii de influență	DA	DA	Parțial
Obținerea și corectarea rezultatului măsurii	DA	DA	Parțial
Reprezentarea informației de măsură	DA	DA	Parțial
Controlul optimal al procesului de măsură	DA	DA	DA

„Reprezentarea informației de măsură” constă din forme convenționale (un display digital pentru debit standardizat în „m³/h” sau „l/s”, un contor electromagnetic pentru debitul total standardizat în m³, semnale unificate: 4...20 mA — curent continuu și 0...1 kHz — pulsuri TTL) și neconvenționale (rezultatele afișate ale autotestelor, deplasarea histerizării, autocalibrare, afișare intermitentă când aparatul lucrează în perturbății puternice la nivelul canalelor de măsură).

O pierdere temporară a semnalului de la convertoarele piezoelectrice nu schimbă starea ieșirii; memoria μC -ului reține ultima valoare validă. Totuși, dacă lipsa semnalului depășește 5...20 secunde, ieșirea sistemului va cădea sub valoarea minimă, expresie independentă de valoarea C .

Următoarele date caracterizează noul transductor inteligent făcut în IPA:

Măsurarea debitului:

— diametrul conductei 100 mm...800 mm (3000 mm)

— viteza fluidului 0,01 m/s ... 10 m/s.

Raport domeniu:

maxim/minim: 10 la 1

Erori max: 0,5% din domeniu

Repetabilitate: $\pm 0,1\%$ din domeniu

Fluid:

— temperatură $-25^{\circ}\text{C} \dots +150^{\circ}\text{C}$

— presiune max. 1,6 MPa

Temperatură ambiantă: $-25^{\circ}\text{C} \dots +55^{\circ}\text{C}$

Alimentare: 220 Vc.a./50 Hz (la cerere)

Similar, pe baza utilizării tehnicii ultrasunetelor, au fost realizate traductoare inteligente cu ultrasunete pentru măsurarea continuă a distanței sau a nivelului lichidelor și substanțelor granulare.

Principial, măsurarea continuă a distanței sau a nivelului prin intermediul ultrasunetelor se poate realiza prin mai multe metode, cea mai răspândită constând în măsurarea timpului de tranzit al unui fascicul de ultrasunete emis către suprafața mediului al cărui nivel trebuie măsurat, fascicul care este apoi recepționat în

urma reflexiei suferite de fascicul la întâlnirea suprafeței de separație dintre cele două medii.

Timpul de parcurs al fasciculului ultrasonor emis și recepționat de către un convertor piezoelectric este (fig. 3)

$$t = 2 \times \frac{H - h}{C} \quad (6) \text{ unde:}$$

H = reprezintă nivelul fix, prestabilit la care este pozat convertorul piezoelectric emițător și receptor;

h = reprezintă distanța pînă la mediul al cărui nivel trebuie măsurat;

C = reprezintă viteza de propagare a ultrasunetelor prin mediu; este puternic dependentă de natura și caracteristicile mediului de propagare.

Eliminarea dependenței rezultatului măsurării nivelului h de caracteristicile mediului de propagare a ultrasunetelor (de obicei aer) se realizează fie prin măsurarea temperaturii aerului în vederea corectării automate a variației valorii C fie în urma determinării valorii C în urma măsurării timpului de tranzit al ultrasunetelor pe o distanță etalon, obținută prin interpunerea unui reflector pozat la o distanță He de convertorul piezoelectric (2):

$$t_e = 2 \frac{He}{c} \quad (7)$$

Înlocuind valoarea lui c în relația (6) se obține:

$$h = H - \frac{He}{te} \times t. \quad (8)$$

O posibilă turbulență a nivelului substanței poate fi neutralizată software.

Preceptele de eficiență ridicată a utilizării traductoarelor de distanță și nivel cu ultra-

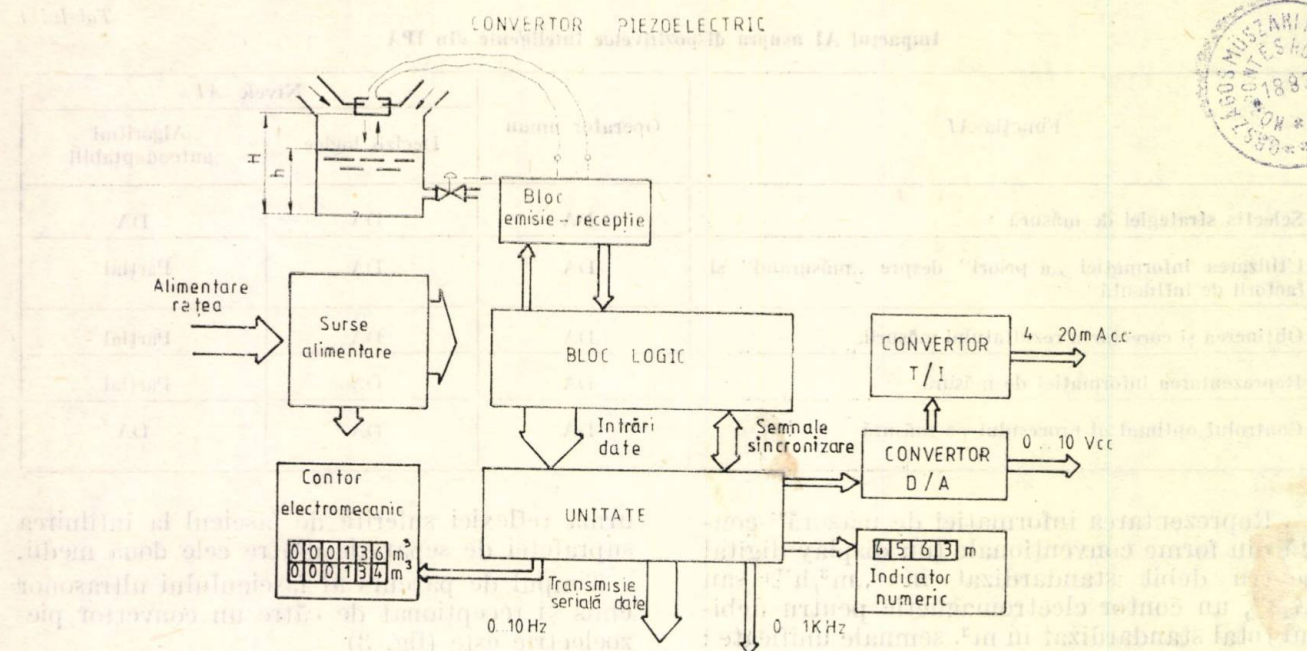


Fig. 3. Schema-bloc a traductorului inteligent de distanță, nivel și volum.

sunete impun și asigurarea unei funcționări caracterizate de un raport ridicat precizie/timp de răspuns în condițiile unei susceptibilități reduse la perturbații care pot fi generate fie de reflexii parazite, de viteză ridicată a curenților de aer sau de surse perturbatoare electromagnetice (motoare electrice etc.).

Făcînd parte din aceeași familie tipizată de traductoare cu traductorul inteligent cu ultrasunete pentru măsurarea debitului fluidelor, traductorul cu ultrasunete pentru măsurarea distanței și a nivelului este compus din (fig. 3):

- unitatea μC care conduce integral procesul de măsurare, structura hardware fiind complet tipizată;
- un bloc logic tipizat care are rol de interfațare a unității μC cu blocul emisie-recepție;
- blocul specific de emisie-recepție;
- convertorul piezoelectric și ansamblul de protecție a acestuia care conține și un reflector pozat la o distanță H_e de convertor.

Traductorul inteligent cu ultrasunete pentru măsurarea continuă a distanței sau nive-

lului descris mai sus se caracterizează prin următoarele date;

- Domeniul de măsură: 0,4...10 m (de la fața convertorului piezoelectric)
- Precizia: 1% (0,1%) din domeniu
- Repetabilitatea: 5 mm (tipic)
- Temperatura ambiantă: convertor piezoelectric: $-25^{\circ}\text{C} \dots +150^{\circ}\text{C}$
- Compensarea variației: automată, pentru întreaga gamă de variație a temperaturii mediului de propagare

Presiune: max. 16 bar.

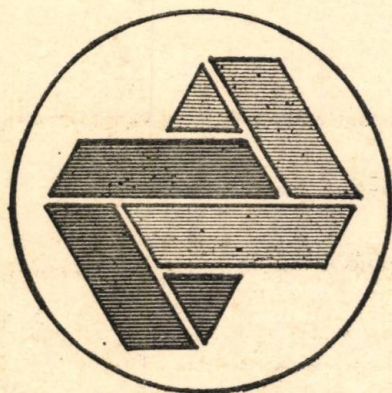
Alimentare: 220 Vc.a./50 Hz (standard)

Grad protecție: IP65

Speranța de viață și stabilitatea pe termen lung a traductoarelor inteligente descrise mai sus sînt de cîteva ori mai mari decît a altor tipuri de traductoare „clasice”.

IPA realizează la un grad înalt de acuratețe și fiabilitate traductoare inteligente la un preț scăzut.

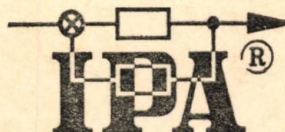
**INVITATION
AND
CALL FOR PAPERS**



THETA

**8 th Symposium
on
TECHNOLOGIES AND
EQUIPMENTS FOR
AUTOMATIC TESTING**

ORGANIZER



**INSTITUTE FOR SCIENTIFIC RESEARCH
AND TECHNOLOGICAL ENGINEERING FOR
AUTOMATION**

**SEPTEMBER 5-7, 1989
CLUJ-NAPOCA, ROMANIA**

TOPICS

The aim of the Symposium is to present and discuss theoretical aspects and application of automatic testing with special emphasis on electronics industries. Mainly, the following topics will be emphasized :

Automatic Testing Equipment (ATE) Hardware

- ATE for components, boards, modules final products and service
- ATE architecture, computers, generating and measuring modules interfacing problems for SMD techniques
- ATE for microprocessors, multiprocessor systems and computers
- ATE in electrical and mechanical industries
- ATE work-stations and integrated network systems

Automatic Testing Equipments (ATE) Software

- High-level specialized and common languages for ATE
- Interactive and automatic generation of test programs
- Emulation and simulation techniques
- Communication software for hierarchic and distributed systems
- Expert systems

System Theory in Automatic Testing

- Automatic testing methods and algorithms
- The strategy of automatic testing, optimization
- Testability design and fault tolerance evaluation
- Self-test methods and fail-safe circuits
- Analysis and modelling of test objects ; failure mechanism
- Design and evaluation of automatic testing processes

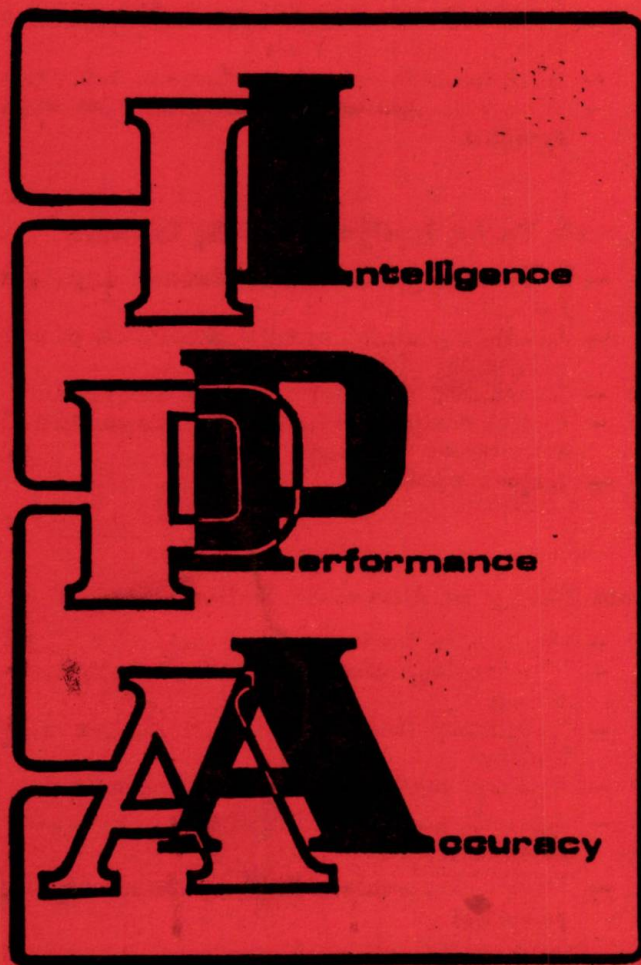
Performance Evaluation of Systems and Components

- The quality, reliability and maintainability evaluation
- The security and availability evaluation
- Computer-aided measurement and performance evaluation

**Link between Automatic Testing and Computer-Aided Design, Manufacturing and Repair
Higher Education and Training in Automatic Testing**

THE TA

1097 JAN 11



PROGRAM OF ACTIVITY

engineering

consulting,
studies, technical offers,
turn-key deliveries, service

research

automation equipment and
system, adjustable electric
drives, numerical control,
process computers,
data remote processing,
automatic test equipment

design

automation systems
for all industrial purposes
and informatic systems

software programs

training of
end-users personnel

industrial production

single piece equipment,
small series products

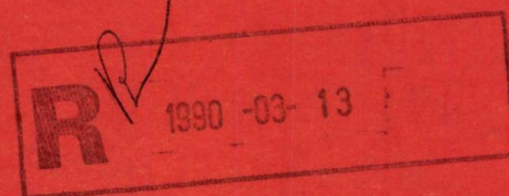
THE TA

E 2040

~~66~~

ETE

REFERĂLVA



Electrotehnica Electronica Automatica

AUTOMATICA ȘI ELECTRONICA • BUCUREȘTI • ANUL 33 • NR. 3 • SEPTEMBRIE 1989

ELECTROTEHNICA, ELECTRONICA ȘI AUTOMATICA

Anul 33 Nr. 3 septembrie 1989

AUTOMATICA ȘI ELECTRONICA

CUPRINS

CZ 538.51 : 621.3.014

TRANZISTOR CU INDUCȚIE STATICĂ MODELARE

Rusu, A. ș.a. Tranzistorul cu inducție statică.
Partea I: modele fizico-matematice.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, nr. 3, sept 1989, p.

Lucrarea prezintă un model analitic al tranzistorului cu inducție statică în regim de curent continuu, pe baza fenomenelor fizice din dispozitiv. Expresia matematică a caracteristicii statice descrie în mod unitar toate regimurile de polarizare.

CZ 621.385.2

GALIU-ARSEN BARIERA SCHOTTKY

Müller, A. ș.a.: Diode de microunde cu bariera schottky pe galiu arsen.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, nr. 3, sept 1989, p.

Lucrarea prezintă un nou proces tehnologic utilizat la realizarea diodelor mesa, cu barieră Schottky pe galiu arsen. Tehnologia prezentată permite realizarea dispozitivelor prin utilizarea unei singure măști, temperatura maximă impusă de proces fiind de cca. 350°C. Diodele Schottky și Schottky varactor realizate au prezentat caracteristici electrice foarte bune. Din măsurători I-V și C-V s-a obținut un factor de neidealitate de 1,12 și înălțimea barierei de 0,69 V. Diodele varactor de acord au prezentat o rată de acord $(C_j(V = CV)/C_j(V = -5V))$ mai mare de 5.

CZ 538.551 : 621.317.3

SILICIU GHETTER SEGREGARE

Sachelarie, D. ș.a.: Ghetter prin segregare.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, nr. 3, sept 1989, p.

Lucrarea analizează procesul de ghetterare a impurităților metalice din siliciu, prin segregarea acestora la temperatură joasă în zone dopate cu fosfor. Rezultatele obținute sînt deosebite, timpul de viață de generare fiind de 2 ms.

CZ 612.316.5.537.3

AUTOCALIBRARE COMUTATOR STATIC CURENT DE INTRARE

Constantinescu, I.: Implicații ale autocalibrării.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, nr. 3, sept 1989, p.

Este analizat efectul autocalibrării asupra parametrilor de intrare — zeroul și curentul de intrare — ai aparatelor de măsurat de înaltă precizie. Se demonstrează necesitatea utilizării de comutatoare statice — tranzistoare cu efect de cimp — la care curenții reziduali să fie sub 10 pA pentru ca, la un voltmetru numeric de 4 1/2 cifre, curentul de intrare cimp — la care curenții reziduali să fie sub 10 pA pentru ca, la un voltmetru numeric de 4 1/2 cifre, curentul de intrare să fie sub 100 pA, iar zeroul sub 10 μ V.

CZ 681.387 : 681.335.13

VLSI VECTORI DE TEST RAM EGL DRAM

Olariu, A. ș.a.: Memorie de mare viteză și capacitate pentru vectorii de test folosiți în tester de LSI.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, nr. 3, sept 1989, p.

Lucrarea prezintă implementarea unei memorii de mare capacitate și viteză pentru vectori de test, extragerea vectorilor de test făcîndu-se cu o rată de 20 MHz.

CZ 621 — 382.23 : 535.1

TIRISTOR RAPID IRADIERE CU ELECTRONI

Banu, V. ș.a. Procedeu de realizare a tiristoarelor rapide de mare putere.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, nr. 3, sept 1989, p.

Lucrarea prezintă un procedeu nou de realizare a tiristoarelor rapide de mare putere, care vizează creșterea performanțelor parametrilor electrice, în mod reproductibil și controlabil.

CZ 621.3.032 : 548

GETTER DEFECTE CRISTALOGRAFICE EPITAXIE

Veron, A. ș.a.: Efecte ale getterării extrinseci asupra precipitării oxigenului în plachete de siliciu epitaxiale.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, nr. 3, sept 1989, p.

Lucrarea prezintă rezultatele unui studiu de cuplare a procedeelor de getterare extrinsecă și intrinsecă în fazele inițiale ale procesului de realizare a circuitelor integrate bipolare în scopul reducerii densității defectelor cristalografice din stratul epitaxial și implicit creșterii randamentelor de fabricație. Plachete de Si CZ cu și fără stratul de getter extrinsec (poliSi/Si₃N₄) au fost supuse unor tratamente de nucleere-creștere a precipitatelor SiO_x.

S-a constatat că adăugarea stratului de polisiliciu și mai ales a celui de nitrură crește apreciabil eficiența getterării intrinseci.

CZ 621.316.54

MICROPROCESOR INVERSOR EID POARTA DE POLISILICIU

Dihale, M. ș.a.: Tehnologie NMOS pentru microprocesorul MN 80.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, nr. 3, sept 1989, p.

Lucrarea prezintă tehnologia de realizare a microprocesorului Z 80. Sînt discutate procesele mai importante din compunerea fluxului tehnologic, problemele specifice acestei tehnologii și sînt prezentate măsurători ale parametrilor electrice pe cipul test MMN 678.

CZ 621.385.2

DISPOZITIVE SEMICONDUCTOARE DE PROTECȚIE DIODA SUPERSOARE

Popa, E.ș.a.: Soluție constructivă pentru realizarea diodelor supresoare de medie putere.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, nr. 3, sept 1989, p.

Lucrarea prezintă o soluție constructivă pentru diode supresoare destinate aplicațiilor auto. Energia maximă pe care o poate disipa dioda polarizată invers este determinată de atingerea temperaturii la care purtătorii generați termic pot altera distribuția cimpului electric în sensul instabilizării diodei. Sînt analizate modalități de reducere a încălzirii structurii.

CZ 621.385 : 537.312.6

**FOTODIODA CU AVALANȘA
RĂSPUNS SPECIAL
TEMPERATURA**

Budianu, E. ș.a.: Efectele temperaturii asupra răspunsului fotodiodei cu avalanșă și posibilități de compensare a lor.

E.E.A. — Automatica și electronica 33, nr. 3, sept. 1989, p.

În lucrare se analizează dependența de temperatură a răspunsului fotodiodelor cu avalanșă pe domeniul $(-40 \dots +100^\circ \text{C})$ și se prezintă metoda de compensare a efectelor temperaturii prin utilizarea unei diode de referință cu tensiunea de străpungere în avalanșă egală cu cea a fotodiodei.

CZ 512.831 : 535.4

**MATRICE OPTOELECTRONICA
IMAGINE DE DIFRACTIE FRAUNHOFFER
CROSS-TALK**

Vasile, St. ș.a.: Matrice optoelectronice pentru detectarea imaginilor de difracție.

E.E.A. — Automatica și electronica 33, nr. 3, sept. 1989, p.

Lucrarea prezintă realizarea primei matrici optoelectronice din industria românească de semiconductoare. Sînt înfățișate problemele specifice de optimizare și realizare tehnologice ale acestui dispozitiv, precum și performanțele lui, relativ la caracteristicile joncțiunii p_n precum și la cerințele domeniului de aplicații.

CZ 621.316.3

**DEFECT UCIGAS
DISTRIBUȚIE DE DEFECTE**

Delibaltov, A. ș.a.: Analiza distribuției pe plachetă a circuitelor bune electric procesate în tehnologie CMOS.

E.E.A. — Automatica și electronica 33, nr. 3, sept. 1989, p.

Lucrarea prezintă un sistem „OFF LINE” de achiziție și prelucrare automată a poziției structurilor bune electric

pe plachetă. Se propune o metodă de prelucrare a datelor obținute în scopul determinării proceselor tehnologice care introduc defecte ușoare și a ponderii acestora la randamentul electric.

CZ 621.308 : 621.308

**MĂSURARE
DISTORSIUNI
EȘANTIONARE**

Năstase, A. ș.a.: Testarea circuitelor audio prin metoda eșantionării; aplicație; testarea circuitului TDA 2030.

E.E.A. — Automatica și electronica 33, nr. 3, sept. 1989, p.

Lucrarea prezintă testarea prin metoda eșantionării a circuitelor audio. Este prezentat algoritmul calculului distorsiunilor comparativ cu alte metode cunoscute și este justificată alegerea metodei propuse. Aplicația se face pentru testarea amplificatorului de putere TDA 2030. Această metodă a dus la mărirea vitezei de testare și la micșorarea temperaturii circuitului, fapt ce a evitat intrarea în funcțiune a protecției în timpul testării.

CZ 539.2 : 621.78 : 669.2

**STRUCTURA
STRATURI SUBȚIRI DE Au
TRATAMENT TERMIC
MICROUND**

Rău, ș.a.: Influența tratamentului termic asupra structurii straturilor subțiri de Au din combinațiile TiW/Au și Ta-TiW/Au.

E.E.A. — Automatica și electronica 33, nr. 3, sept. 1989, p.

În lucrare se prezintă rezultatele analizei efectuate cu ajutorul difracției de raze X asupra structurii straturilor subțiri de Au (pe straturi de aderență și barieră) preparate prin evaporare în vid pe substrat de ceramică sau safir și supuse unui tratament termic. Aceste straturi conductoare se folosesc la realizarea circuitelor de microunde.

Recenzii

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof. dr. ing. C. APETREI ; dr. ing. I. BĂTRÎNA ; dr. ing. V. BUNEA ; prof. dr. ing. V. CĂTUNEANU ; ing. V. CEONICA ; prof. dr. doc. șt. tehn. ing. V. CORLĂTEANU ; prof. dr. ing. M. DRĂGĂNESCU ; prof. dr. ing. M. HANGANUT ; prof. dr. doc. șt. tehn. ing. G. HORTOPAN ; ing. I. ILIESCU ; ing. V. LEFTER ; prof. dr. doc. șt. tehn. ing. C. MOCANU ; prof. dr. ing. A. NICOLAIDE ; ing. A. POPA ; dr. ing. VALERIUS STANCIU, redactor resp. adjunct ; dr. ing. FLORIN TEODOR TĂNAȘESCU, redactor responsabil.

Redactor principal : VIORICA ANASTASESCU
Tehnoredactor : CORNELIA CRISTESCU

СОДЕРЖАНИЕ

УДК 538.51: 621.3.014

ТРАНЗИСТОР СО СТАТИЧЕСКОЙ ИНДУКЦИЕЙ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Русу, В., и др.: Транзистор со статической индукцией I-ая часть: Физико-математические модели

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 33, nr. 3, сент 1989 г., стр.

Работа представляет аналитическую модель транзистора со статической индукцией в режиме постоянного тока, на основе физических явлений из устройства. Математическое выражение статической характеристики описывает все режимы поляризации.

УДК 621.3 85.2

ГАЛИЙ-МЫШЬЯК БАРЬЕР ШОТТКИ

Мюллер, А., и др.: Микроволновые диоды с барьером Шоттки на основе галлиямышьяка.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 33, nr. 3, сент 1989 г., г.

Работа представляет новый технологический процесс применяемый в осуществлении диодов с мезоструктурой и барьером Шоттки на основе галлия-мышьяка. Приведенная технология позволяет осуществление устройств использованием одной маски, максимальная температура вынужденная процессом-приблизительно 350 С. Диоды Шоттки представляли очень хорошие электрические характеристики. По измерениям I- и C- получились: фактор неидеальности 1, 12 и высота барьера 0,69. Варакторные диоды настройки представляли коэффициент настройки ($C(V=CV)/C(V=-5V)$) более 5.

УДК 538.551: 621.317.3

КРЕМНИЙ ГЕТТЕР СЕГРЕГАЦИЯ

Сакелариу, Д., и др.: Геттер при помощи сегрегации

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 33, nr. 3, сент 1989 г., стр.

Работа рассматривает процесс геттерирования металлических примесей из кремния при помощи сегрегации при низкой температуре в зонах с добавкой фосфора. Полученные результаты являются отличными, срок жизни генерирования-2мкс.

УДК 621.314.5.537.3

САМОКАЛИБРОВКА СТАТИЧЕСКИЙ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЬ ВХОДНОЙ ТОК

Константинеску, И.: Последствия самокалибровки

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 33, nr. 3, сент 1989 г., стр.

Проанализировано влияние самокалибровки на входные параметры-ноль и входной ток-и на измерительные приборы высокой точности. Доказывается необходимость использования статических переключателей-

полевых транзисторов — у которых остаточные токи должны быть под 10пА для того чтобы, на цифровом вольтметре 4 1/2 цифры, входной ток был под 100 пА, а ноль-под 10 нВ.

УДК 681.387: 681.335.13

СБИС ВЕКТОРЫ ТЕСТИРОВАНИЯ ПАМЯТЬ ПАМЯТЬ

Олару, А. и др.: Память высокой скорости и емкости для векторов тестирования, использованная в тестере.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 33, nr. 3, сент 1989 г., стр.

Работа представляет внедрение памяти большой способности и скорости для векторов тестирования, сьем векторов тестирования осуществляется со скоростью 20 МГц.

УДК 621-382.23: 535.1

БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИЙ ТИРИСТОР ЭЛЕКТРОННОЕ ОБЛУЧЕНИЕ

Бану, В., и др.: Способ осуществления быстродействующих тиристоров большой мощности.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 33, nr. 3, сент 1989 г., стр.

Работа представляет новый способ осуществления быстродействующих тиристоров большой мощности имея ввиду повышение рекордов электрических параметров воспроизводимым и контролируемым образом.

УДК 621.3.032: 548

ГЕТТЕР КРИСТАЛЛОГРАФИЧЕСКИЕ ДЕФЕКТЫ ЭПИТАКСИЯ

Верон, А. и др.: Влияние наружного геттерирования на осаждение кислорода в эпитаксиальных кремниевых платах.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 33, nr. 3, сент 1989 г., стр.

Работа представляет результаты изучения комбинирования способов наружного и внутреннего геттерирования в исходных фазах процесса осуществления биполярных интегральных схем с целью уменьшения плотности кристаллографических дефектов в эпитаксиальном слое и, следовательно, повышения кид. Кремниевые платы и платы Чохралский со слоем наружного геттерирования (и без него) (поли Si/Si₃N₄) были подвергнуты обработкам образования центров выращивания преципитатов SiO₂. Установилось что добавление слоя поликремния и тем более слоя нитрида приводит к существенному повышению эффективности внутреннего геттерирования.

УДК 621.316.54

МИКРОПРОЦЕССОР ИНВЕРТЕР ПОЛИКРЕМНИЕВАЯ СХЕМА

Дихале, М. и др.: Технология NMOS для микропроцессора NMN 80.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 33, nr. 3, сент 1989 г., стр.

Работа представляет технологию изготовления микропроцессора. Обсуждены важнейшие процессы технологического потока, специфичные вопросы этой технологии и приведены измерения электрических параметров на чипе-тесте.

УДК 621.385.2

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ УСТРОЙСТВА ЗАЩИТЫ ПОДАВИТЕЛЬНЫЙ ДИОД

Пона, Е. и др.: Конструктивное решение для изготовления подавительных диод средней мощности.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 33, nr. 3, сент 1989 г., стр.

Работа представляет конструктивное решение изготовления подавительных диод предназначенных автоприменениям. Максимальная энергия рассеиваемая обратно поляризованным диодом определяется достижением температуры при которой носители, термически генерируемые могут изменить распределение электрического поля в смысле неустойчивости диода. Проанализированы способы уменьшения отключения структуры.

УДК 621.385: 537.312.6

ЛАВИННЫЙ ФОТОДИОД СПЕКТРАЛЬНЫЙ ОТВЕТ ТЕМПЕРАТУРА

Будяну, Е. и др.: Влияние температуры на ответ лавинного фотодиода и возможности их компенсации.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 33, nr. 3, сент 1989 г., стр.

В работе анализируется зависимость ответа лавинных фотодиодов от температуры в области $(-40 \dots -100^\circ\text{C})$ и представляется метод компенсации воздействия температуры использованием опорного диода с лавинным напряжением равным напряжению фотодиода.

УДК 512.831: 535.4

ОПТОЭЛЕКТРОННАЯ МАТРИЦА ИЗОБРАЖЕНИЕ ДИФРАКЦИИ ФРАУНГОФЕРА ПЕРЕКРЕТНАЯ НАВОДКА

Василе, Шт. и др.: Оптоэлектронная матрица для детектирования дифракционных изображений.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 33, nr. 3, сент 1989 г., стр.

Работа представляет осуществление первой оптоэлектронной матрицы в румынской полупроводниковой

промышленности. Приведены специфичные вопросы оптимизации и технологического производства этого устройства, а также его рекорды относительно характеристики перехода Рп и потребностей области применения.

УДК 621.316.3

РАЗРУШАЮЩИЙ ДЕФЕКТ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕФЕКТОВ

Делибалтов, А. и др.: Анализ распределения на плате электрических цепей, процессированных в технологии СМО.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 33, nr. 3, сент 1989 г., стр.

Работа представляет систему „ОФ ЛАЙНЕ” накопления и автоматической обработки позиции хорошо электрических структур на плате. Предлагается способ обработки полученных данных ввиду определения технологических процессов, которые внедряют разрушительные дефекты и влияние этих на электро кнд.

УДК 621.308 :621.308

ИЗМЕРЕНИЕ ИСКАЖЕНИЯ ОБРАЗЦЫ

Нэстасэ, А. и др.: Тестирование аудиоцепей методом эшантионирования; применение; тестирование цепей ТДА 3030.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 33, nr. 3, сент 1989 г., стр.

Работа представляет тестирование методом эшантионирования аудиоцепей. Представлен алгоритм вычисления искажения сравнительно с другими известными методами и оправдан выбор предложенного метода. Применение осуществляется для тестирования усилителя мощности ТДА 2030. Этот метод приводит к повышению скорости тестирования и к уменьшению температуры цепи, то что привело к избежанию защиты во время тестирования.

УДК 539.2: 621.78: 669.2

СТРУКТУРА ТОНКИЕ СЛОИ ЗОЛОТА ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА МИКРОВОЛНЫ

Рэу, С. и др.: Влияние термической обработки на структуру тонких слоев золота из соединений TiWAu и Ta—TiWAu.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 33, nr. 3, сент 1989 г., стр.

В работе представляются результаты проведенного анализа с помощью дифракции Рентген на структуру тонких слоев золота (на слой адгезии и барьерных), полученных вакуумным улетучиванием на керамических подложках или из сапфира, подвергнутых термической обработке. Эти слои проводниковые используются в осуществлении микроволновых цепей.

РЕЦЕНЗИИ

INHALT

DK 538.51 : 621.3.014

STATISCHER INDUKTIONSTRANSISTOR MODELLIEREN

Rusu, A. u.a.: Der statische Induktionstransistor. I. Teil: Physisch-mathematische Modelle.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, nr. 3, Sept 1989, S.

Der Beitrag stellt ein analytisches Modell des statischen Induktionstransistors im Gleichstrombetrieb, aufgrund der physischen Vorgänge im Gerät vor. Der mathematische Ausdruck der statischen Charakteristik beschreibt einheitlich alle Polarisierungsbetriebsarten.

DK 621.385.2

GALLIUM-ARSEN SCHOTTKYSCHRANKE

Müller, A. u.a.: Mikrowellendioden mit Schottkyschranken auf Gallium-Arsen.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, nr. 3, Sept 1989, S.

Der Beitrag stellt ein neues technologisches Verfahren zur Herstellung der mesa-Dioden mit Schottkyschranken auf Gallium-Arsen vor. Die vorgestellte Technologie erlaubt die Geräteherstellung mit Hilfe einer einzigen Maske, wobei die maximale, vom Verfahren vorgeschriebene Temperatur ca. 350°C ist. Die hergestellten Schottky- und Varaktordioden haben sehr gute elektrische Charakteristiken aufgewiesen. Aus den I-V- und C-V-Messungen erhielt man einen Nichtidealitätsfaktor von 1,12 und die Schrankenhöhe von 0,69 V. Die Abstimmungs-Varaktordioden haben eine Abstimmungsrate $(C_j(V=CV)/C_j(V=-5V))$ grösser als 5 aufgewiesen.

DK 538.551 : 621.317.3

SILIZIUM GETTER SONDERUNG

Sachelarie, D. u.a.: Getter durch Sonderung.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, nr. 3, Sept 1989, S.

Der Beitrag analysiert den Gettering-Prozess der metallischen Verunreinigungen aus dem Silizium, durch ihre Sonderung bei tiefen Temperaturen in den mit Phosphor dotierten Zonen vor. Die erhaltenen Ergebnisse sind bemerkenswert: die Generierungslebensdauer ist 2 ms.

DK 621.316.5.537.3

SELBSTREGELUNG STATISCHER UMSCHALTER EINGANGSSTROM

Constantinescu, I.: Folgen der Selbstregelung.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, nr. 3, Sept 1989, S.

Der Einfluss der Selbstregelung auf die Eingangsparameter — die Null und der Eingangsstrom — der Messgeräte mit hoher Genauigkeit wird analysiert. Die Notwendigkeit der Anwendung statischer Umschalter — Feldeffekttransistoren — wird bewiesen, bei welchen die Restströme unter 10 pA sein sollen, um bei einem Digitalvoltmeter von

41/2 Ziffern, der Eingangsstrom unter 100 pA und die Null unter 10 μ V sei.

DK 681.387 : 681.335.13

VLSI TESTVEKTOREN RAM EGL DRAM

Olariu, A. u.a.: Speicher mit grosser Geschwindigkeit und Kapazität für die in den LSI-Testern verwendeten Testvektoren.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, nr. 3, Sept 1989, S.

Der Beitrag stellt die Implementierung eines Speichers mit grosser Geschwindigkeit und Kapazität für die Testvektoren vor, wobei die Testvektoren in einem Takt von 20 MHz bereitgestellt werden.

DK 621-382.23 : 535.1

SGHNELLER THYRISTOR ELEKTRONENBESTRAHLUNG

Banu, V. u.a.: Verfahren zur Herstellung von schnellen Hochleistungsthyristoren.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, nr. 3, Sept. 1989, S.

Im Beitrag wird ein neues Verfahren zur Herstellung von schnellen Hochleistungsthyristoren vorgestellt, die die Verbesserung der Performanzen der elektrischen Parameter in einer kontrollierbaren und nachbildbaren Art verfolgt.

DK 621.3.032 : 548

GETTER KRISTALLOGRAPHISCHE DEFEKTE EPITAXIE

Veron, A. u.a.: Auswirkungen der extinsekten Getterings auf den Sauer-Stoffniederschlag in den epitaxialen Siliziumplättchen.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, nr. 3, Sept 1989, S.

Im Beitrag werden die Ergebnisse eines Studiums zur Verbindung des extinsekten und intrinsekten Gettering-Verfahrens in den Eingangsphasen des Herstellungsprozesses der Bipolar-Integrierschaltungen, zur Verminderung der Dichte von kristallographischen Defekten in der Epitaxialschicht und implizit zur Vergrößerung der Produktivität vorgestellt. Die Si DK Plättchen mit und ohne der extinsekten Getterschicht ($\text{Si/Si}_3\text{N}_4$ -Pole) wurden Nukleierung-Wachstumsbehandlungen der Si_xO -Präzipitate unterworfen. Es wurde festgestellt, dass die Zugabe der Polysiliziumschicht und vor allem der Nitridschicht die Effektivität des intrinsekten Getterings nennenswert erhöht.

DK 621.316.54

MIKROPROZESSOR EID-UMSTELLER POLYSILIZIUM-TOR

Dihale, M. u.a.: NMOS-Technologie für den NMN 80-Mikroprozessor.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, nr. 3, Sept 1989, S.

Der Beitrag stellt die Herstellungstechnologie des Z 80-Mikroprozessors vor. Es werden die wichtigsten Ver-

fahren des Herstellungsprozesses, die spezifischen Probleme dieser Technologie diskutiert und die Messergebnisse der elektrischen Parameter auf dem Test-Cip MMN 678 vorgestellt.

DK 621.385.2

SCHUTZHALBLEITERGERÄTE SUPPRESSORDIODE

Popa, E. u.a.: Konstruktive Lösung zur Herstellung der Suppressor dioden mittlerer Leistung.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, nr. 3, Sept 1989, S.

Der Beitrag stellt eine konstruktive Lösung zur Herstellung von Suppressordioden für Autoanwendungen vor. Die maximale Energie, die die umgekehrt polarisierte Diode streuen kann, wird bestimmt von der Temperatur, bei der die thermisch generierten Träger die elektrische Feldverteilung im Sinne der Dioden-Nichtstabilisierung verschlechtern kann. Möglichkeiten zur Verminderung der Struktur Erwärmung werden analysiert.

DK 621.385 : 537.312.6

LAWINEN-PHOTODIODE SPEKTRALANTWORT TEMPERATUR

Budianu, E. u.a.: Einfluss der Temperatur auf die Antwort der Lawinen-Photodiode und Möglichkeiten ihrer Kompensierung.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, nr. 3, Sept 1989, S.

Im Beitrag wird die Temperaturabhängigkeit der Antwort der Lawinen-Photodioden im Bereich $(-40...+100^{\circ}\text{C})$ analysiert und es wird eine Methode zur Kompensierung der Temperatureinwirkung durch die Anwendung einer Referenzdiode mit einer Lawinen-Durchschlagsspannung gleich der der Photodiode vorgestellt.

DK 512.831 : 535.4

OPTOELEKTRONISCHE MATRIX FRAUNHOFER-DIFFRAKTIONS-BILD CROSS-TALK

Vasile, St. u.a.: Optoelektronische Matrix zur Detektion der Diffraktionsbilder.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, nr. 3, Sept 1989, S.

Der Beitrag stellt die Realisierung der ersten optoelektronischen Matrix der rumänischen Halbleiterindustrie vor. Es werden spezifische Probleme der Optimierung und der technologischen Herstellung dieser Einrichtung, ihre Performanzen bezüglich der pn — Übergangscharakteristiken und der Bedürfnisse des Anwendungsgebietes behandelt.

DK 621.316.3

ENDGÜLTIGER FEHLER DEFEKTVERTEILUNG

Delibaltov, A. u.a.: Analyse der Verteilung auf den Plättchen der in CMOS — Technologie hergestellten elektrisch guten Schaltungen.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, nr. 3, Sept 1989, S.

Der Beitrag stellt ein OFF-LINE-System zur automatischen Datensammlung — und Verarbeitung der Lage der

elektrisch guten Strukturen auf den Plättchen vor. Es wird eine Datenverarbeitungsmethode der technologischen Prozesse, die endgültige Fehler einleiten, vorgeschlagen, und ihr Beitrag zum elektrischen Wirkungsgrad diskutiert.

DK 621.308 : 621. 308

MESSUNG VERZERRUNG MUSTERHERSTELLUNG

Năstase, A., u.a. Prüfen der Audio-Schaltungen durch die Musterherstellmethode ; Anwendungen ; Prüfen der Schaltung TDA 2030.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, Nr. 1, März 1989, S.

Die Arbeit bezieht sich auf die Prüfung durch die Musterherstellmethode der Audio-Schaltungen. Es wird ein Algorithmus für die Berechnung der Verzerrungen die mit anderen bekannten Methoden verglichen werden, dargestellt und die Auswahl der vorgeschlagenen Methode rechtfertigt. Die Anwendung wird zur Prüfung des Leistungsverstärkers TDA 2030, ausgeführt. Durch diese Methode wurde eine Erhöhung der Prüfgeschwindigkeit und Ermässigung der Schaltungstemperatur, erreicht, so dass während der Prüfung der Schutz wirkungslos blieb.

DK 539.2 : 621.78 : 669.2

STRUKTUR DÜNNE GOLDSCHICHTEN WÄRMEBEHANDLUNG MIKROWELLEN

Rău, S. u.a.: Einfluss der Wärmebehandlung auf die Struktur der dünnen Goldschichten aus den TiWAu- und Ta — TiWAu — Verbindungen.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, nr. 3, Sept 1989, S.

Im Beitrag werden die Ergebnisse der mit der Röntgenstrahldiffraktion durchgeführten Analyse der Struktur der dünnen Goldschichten (auf Adhärenzschichten und Schranke), die durch Vakuumverdampfung auf Keramikoder Saphirsubstrate und nachträglicher Wärmebehandlung hergestellt wurde, vorgestellt. Diese leitenden Schichten verwendet man zur Herstellung der Mikrowellenschaltungen.

REZENSIONEN

CONTENTS

DC 538.51 : 621.3.014

STATIC INDUCTION TRANSISTOR MODELLING

Rusu, A. a.o.: Static Induction Transistor. Part I: Physical and Mathematical Models.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, no. 3, sept. 1989, p.

The paper presents an analytical model of the d.c. static induction transistor on the basis of physical phenomena in the device. The mathematical expression of the static characteristic is a unitary description of all polarization duties.

DK 621.385.2

GALLIUM-ARSENIC SCHOTTKY BARRIER

Muller, A. a.o.: Ga-As Schottky Barrier Microwave Diodes.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, no. 3, sept 1989, p.

This paper presents a new technological process applied the production of Ga — As Schottky barrier mesa diodes.

This technology allows the device production by applying a single mask. The maximum imposed process temperature is about 350° C. Schottky and Schottky varactor diodes have displayed very good electrical characteristics. The I—V and C—V measurements led to a 1.12 non ideality factor and 0.69 V barrier height. Tuning varactor diodes have shown a tuning rate $(C_f(V) = CV/C_f(V_m - 5V))$ higher than 5.

DC 538.551 : 621.317.3

SILICON
GETTER
SEGREGATION

Sachelarie, D. a.o.: Segregation Getter.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, no. 3, sept 1989, p.

The article analyzes the gettering of silicon metal impurities by their low temperature segregation in P. doped areas. Results are remarkable and generation life is 2 ms.

DC 621.316.5.537.3

SELF—CALIBRATION
STATIC SWITCH
INPUT CURRENT

Constantinescu, I.: Implications of self-calibration.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, no. 3, sept 1989, p.

The effect of self-calibration on input parameters — zero and input currents — of high accuracy measuring equipment is analyzed. The necessity of applying static switches FET's — where residual currents are under 10 pA so that for a 4 1/2 digit voltmeter the input current should be under 100 pA, and the zero current under 10 μ V, is demonstrated

DC 631.387 : 631.335.13

VLSI
TEST VECTORS
RAM EGL
DRAM

Olariu, A. a.o.: High Speed and Capacity Memory for Test Vectors. Application in LSI Tester.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, no. 3, sept 1989, p.

The paper shows the implementation of a high speed and capacity memory for test vectors. The extraction rate of test vectors is 20 MHz.

DC 621.382.23 : 535.1

FAST THYRISTOR
ELECTRON IRRADIATION

Banu, U. a.o.: Production Procedure for Fast High Power Thyristors.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, no. 3, sept 1989, p.

The paper presents a novel production procedure for fast high power thyristors that aims at increasing the performance of electrical parameters in a reproducible and controllable way.

DC 621.3.032.548

GETTER
CRYSTAL FAULTS
EPITAX

Veron, A. a.o.: Effects of Extrinsic Gettering on Oxygen Precipitation in Epitaxial Silicon Wafers.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, no. 3, sept 1989, p.

The paper introduces the results of a study on the coupling of extrinsic and intrinsic gettering in the early phases of the production of bipolar integrated circuits with a view of reducing the density of crystal faults on the epitaxial layer and correspondingly increasing the production efficiency. Si and Cz wafers with/without the extrinsic getter layer (poly Si/Si₃N₄) have undergone nucleation increase treatments of the SiO_x precipitate. The addition of the polysilicon layer (mostly the nitride one) greatly improved the efficiency of intrinsic gettering.

DC 621.316.54

MICROPROCESSOR
EID LOVERTER
POLYSILICON GATE

Dihale, M. a.o.: NMOS Technology for NMH 80 microprocessor.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, no. 3, sept 1989, p.

The paper presents the production technology of Z80 microprocessor. The most important processes within the flow and the specific problems of these technologies are discussed, and measurement of electrical parameters on the MHN 678 test chip are given.

DC 621.385.2

PROTECTION SEMICONDUCTOR DEVICES
SUPPRESSING DIODE

Popa, E. a.o.: Constructional Solution for the Development of Medium Power Suppressing Diodes.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, no. 3, sept 1989, p.

The paper presents a constructional solution for the suppressing diodes designed for automotive applications. The maximum that the reverse polarized diode can dissipate is brought about by reaching the temperature where thermally-generated carriers can modify the electric field distribution (destabilize the diode). Modalities of reducing the structure heating are analyzed.

DC 621.385 : 537.312.6

AVALANCHE DIODE
SPECTRAL RESPONSE
TEMPERATURE

Budianu, E. a.o.: The Effects of Temperature on Avalanche Photodiode Response. Possibilities of Compensation.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, no. 3, sept 1989, p.

The article analyzed the dependence of avalanche photodiode response in the range — 40 ... + 100° C on temperature and presents the temperature effects compensation method by utilizing a reference diode with its avalanche breakdown voltage equal to that of the photodiode.

DC 512.831 : 535.4

OPTOELECTRONIC MATRIX
FRAUNHOFER DIFFRACTION IMAGE
CROSS-TALK

Vasile, St. a.o.: Optoelectronic Matrix for Diffraction Image Detection.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, no. 3, sept 1989, p.

The paper presents the development of the first optoelectronic matrix by the Romanian semiconductor industry. Specific optimization and production problems, as well as its performance relative to the junction characteristics and the requirements of the field of application are shown.

DC 621.316.3

KILLING FAULT
FAULT DISTRIBUTION

Delibaltov, A. a.o.: A Distribution Analysis of Good Electrical CMOS Circuits on the Wafer.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, no. 3, sept 1989, p.

The paper presents an „OFF-LINE” system of automatic acquisition and processing of location data about good electrical structures on the wafer. A data processing method is suggested to determine the process flows that cause killing faults, and their importance for the electrical behaviour.

CZ 621.308 : 621.3.03

MEASUREMENT
DISTORTION
SAMPLING

Năstase, A., a.o.: Testing audio circuits by sampling technique; application; testing TDA 2030 circuit.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, nr. 3, sept 1989, p.

The paper introduces the testing of audio circuits by the sampling technique. The algorithm of distortion calculation compared to other known methods is presented and the selection of the suggested method is accounted for. The application is performed to test the TDA power amplifier. This method led to an increase of the testing rate and a decrease of the circuit temperature, which avoided triggering the protection system during testing.

DC 539.2 : 621.78 : 669.2

STRUCTURE
AU THIN LAYERS
THERMAL TREATMENT
MICROWAVE

Rău, S. a.o.: The Influence of Thermal Treatment on Au Thin Layers in TiWAu and Ta-TiWAu combination.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, no. 3, sept 1989, p.

The results of the analysis carried out by using X-ray diffraction on Au thin layers (adherence and barrier layers) prepared by vacuum — evaporation on ceramic or sapphire under-layers and thermally treated are given. These conducting layers are utilized in the production of microwave circuits.

REVIEWS

RÉSUMÉS

CD 538.51 : 621.3.014

TRANSISTOR À INDUCTION STATIQUE
MODÉLISATION

Rusu, A. et al.: Le transistor à induction statique. Ière Partie: modèles physiques et mathématiques.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, no. 3, sept 1989, p.

Le travail présente un modèle analytique du transistor à induction statique en régime de courant continu qui prend en considération les phénomènes physiques caractéristiques à ce dispositif. L'expression mathématique de la caractéristique statique décrit d'une manière unitaire tous les régimes de polarisation.

CD 621.385.2

ARSÉNIURE DE GALLIUM
BARRIÈRE SCHOTTKY

Müller, A. et al.: Diodes à micro-ondes, à barrière Schottky, réalisées sur de l'arséniure de gallium.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, no. 3, sept 1989, p.

Le travail présente un nouveau processus technologique utilisé afin de réaliser des diodes MESA, à barrière Schottky, sur de l'arséniure de gallium. La technologie présentée permet l'obtention de ces dispositifs n'utilisant qu'une seule masque, la température maximale imposée par le processus étant de quelques 350 C. Les diodes Schottky et Schottky varactor mises en oeuvre ont présenté des caractéristiques électriques supérieures. Par des mesures I-V et C-V on a obtenu un taux de non-idealité de 1,12 et une hauteur de barrière de 0,69 V. Les diodes varactor d'accord ont eu un taux d'accord $C_j(V = CV)/C_j(V = -5V)$ supérieur à 5.

CD 538.551 : 621.317.3

SILICIUM
GETTER
SÉGRÉGATION

Sachelarie, D. et al.: Getter par ségrégation.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, no. 3, sept 1989, p.

Le travail analyse le processus d'évaporation du getter par la ségrégation des impuretés métalliques du silicium, à basse température, dans des zones dopées à phosphore. Les résultats obtenus sont tout à fait exceptionnels, la période de génération étant de 2 ms.

CD 621.316.5.537.3

AUTOCALIBRAGE
COMMUTEUR STATIQUE
COURANT D'ENTRÉE

Constantinescu, I.: Implications de l'autocalibrage.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, no. 3, sept 1989, p.

On y analyse l'effet de l'autocalibrage sur les paramètres d'entrée — le zéro et le courant d'entrée — des appareils de mesure à haut degré de précision. On démontre la nécessité d'employer des commutateurs statiques — transistors à effet de champ-dont les courants résiduels soient

inférieurs à 10 pA pour que, dans le cas d'un voltmètre digital à 4 1/2 chiffres, le courant d'entrée soit inférieur à 100 pA, alors que le zéro soit sous 10 μ V.

CD 681.387 : 681.335.13

VLSI
VECTEURS D'ESSAI
MÉMOIRE RAM DYNAMIQUE

Olaru, A. et al. : Mémoire rapide de grande capacité pour les vecteurs d'essai, utilisée aux testeurs de LSI.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, no. 3, sept 1989, p.

Le travail présente l'implémentation d'une mémoire rapide de haute capacité pour les vecteurs d'essai, l'extraction des vecteurs d'essai étant réalisée à un taux de 20 MHz.

CD 621.382.23 : 531.1

THYRISTOR RAPIDE
IRRADIATION ÉLECTRONIQUE

Banu, V. et al. : Procédé pour réaliser des thyristors rapides de haute puissance.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, no. 3, sept 1989, p.

Le travail présente un nouveau procédé pour réaliser des thyristors rapides de haute puissance, visant l'optimisation des performances des paramètres électriques d'une manière contrôlable.

CD 621.3.032 : 548

GETTER
DÉFAUTS CRISTALLOGRAPHIQUES
ÉPITAXIE

Veron, A. et al. : Effets de l'évaporation extrinsèque du getter sur la précipitation de l'oxygène dans les plaquettes en silicium.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, no. 3, sept 1989, p.

Le travail présente les résultats d'une étude de combinaison des procédés d'évaporation extrinsèque et intrinsèque du getter dans les étapes initiales du processus de réalisation des circuits intégrés bipolaires afin de réduire la densité des défauts cristallographiques de la couche épitaxiale et, implicitement, d'optimiser les rendements des fabrications. Des plaquettes en silicium Czochralski à ou sans couche de getter extrinsèque (polysilicium/ Si_3N_4) ont été soumises aux traitements de nucléation-croissance des précipitats SiO_2 . On a remarqué que par l'adjonction de la couche en polysilicium et surtout de la couche en nitrure, l'efficacité de l'évaporation intrinsèque du getter croît considérablement.

CD 621.316.54

MICROPROCESSEUR
INVERSEUR DID
PORTE EN POLYSILICIUM

Dihale, M. et al. : Technologie NMOS pour le microprocesseur NMN 80.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, no. 3, sept 1989, p.

Le travail présente la technologie de réalisation du microprocesseur Z80. On y analyse les processus plus importants

de la chaîne technologique, les problèmes spécifiques à cette technologie et l'on y présente les résultats des mesures de paramètres électriques pour la puce essayée NMN 678.

CD 621.385.2

DISPOSITIFS SEMI-CONDUCTEURS DE PROTECTION
DIODE DE SUPPRESSION

Popa, E. et al. : Solution constructive pour réaliser les diodes de suppression de moyenne puissance.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, no. 3, sept 1989, p.

Le travail présente une solution constructive pour les diodes de suppression utilisables dans le domaine des automobiles. L'énergie maximale pouvant être dissipée par la diode à polarisation inverse dépend de la température à laquelle les porteurs générés thermiquement peuvent altérer la distribution du champ électrique dans le sens de l'instabilisation de la diode. On y analyse des modalités de réduction de l'échauffement de la structure.

CD 621.385 : 537.312.6

PHOTODIODE À AVALANCHE
RÉPONSE SPECTRALE
TEMPÉRATURE

Budianu, E. et al. : Effets de la température sur la réponse de la photodiode à avalanche et possibilités de compensation.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 30, no. 3, sept 1989, p.

Dans cet ouvrage on analyse la dépendance de la température de la réponse des photodiodes à avalanche dans la plage ($-40 \dots +100$ °C) et l'on y présente la méthode de compensation des effets de la température par l'emploi d'une diode de référence à tension de claquage par avalanche égale à celle de la photodiode.

CD 512.831 : 535.4

MATRICE OPTO-ÉLECTRONIQUE
IMAGE DE DIFFRACTION FRAUNHOFER
DIAPHONIE

Vasile, St et al. : Matrice opto-électronique pour détecter les images de diffraction.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, no. 3, sept 1989, p.

Dans cet ouvrage on présente la réalisation de la première matrice opto-électronique de l'industrie roumaine de semi-conducteurs. On y décrit les problèmes spécifiques de mise au point et de réalisation technologiques de ce dispositif, tout comme ses performances relatives aux caractéristiques de la jonction p-n ainsi qu'au domaine d'emploi.

CD 621.316.3

DÉFAUT DESTRUCTIF
DISTRIBUTION DE DÉFAUTS

Delibaltov, A. et al. : Analyse de la distribution sur plaquette des circuits à haute résistance électrique en technologie CMOS.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, no. 3, sept 1989, p.

L'ouvrage présente un système autonome de saisie et de traitement automatique des données relatives à la posi-

tion des structures à haute résistance électrique sur plaquette. On y propose une méthode de traitement des données obtenues afin de déterminer les processus technologiques introduisant des défauts destructifs et leur contribution au rendement électrique.

CD 621.308 : 621.308

MESURAGE
DISTORSIONS
ECHANTILLONNAGE

Năstase, A. et al. : Essai des circuits audio par la méthode de l'échantillonnage; application; essai du circuit TDA 2030.

E.E.A. — Automatica și electronica 33, no. 3, sept 1989, p. L'ouvrage présente l'essai par la méthode de l'échantillonnage des circuits audio. On présente l'algorithme de calcul des distorsions en comparaison avec quelques autres méthodes connues et on argumente le choix de la méthode proposée. L'application se fait dans l'essai de l'amplificateur de puissance TDA 2030. Cette méthode a abouti à l'accélération de la vitesse de déroulement de l'essai et à la réduction de la température du circuit, fait qui a évité l'entrée en fonction de la protection pendant l'essai.

Revista „ELECTROTEHNICA, ELECTRONICA ȘI AUTOMATICA” (E.E.A.), organ al Ministerului Industriei Electrotehnice, apare în cadrul Institutului de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Industria Electrotehnică (I.C.P.E.) București. Articolele propuse spre publicare și cererile de abonamente se vor trimite la redacția revistei, București, Calea Vic-

CD 539.2 : 621.78 : 669.2

STRUCTURE
COUCHES MINCES EN OR
TRAITEMENT THERMIQUE
MICRO-ONDES

Rău, S. et al. : Influence du traitement thermique sur la structure des couches minces en or des composés TiW/Au et Ta-TiW/Au.

E.E.A. — Automatica și electronica 33, no. 3, sept 1989, p.

Dans cet ouvrage on présente les résultats de l'analyse effectuée par la diffraction des rayonnements X sur la structure des couches minces en or (sur couches d'adhérence ou de barrière) préparées par évaporation in vide sur des supports en céramique ou en saphir et soumises à un traitement thermique. Ces structures conductrices sont employées afin de réaliser des circuits à micro-ondes.

RECENSIONS

toriei, nr. 133, telefon 50.40.90. int. 475 și 695, plata abonamentelor făcându-se prin mandat postal pe adresa : I.C.P.E., Bd. Tudor Vladimirescu, nr. 45-47, București, cont virament nr. 301700301 BNRSR, filiala sector 5. Costul unui abonament anual pentru unități industriale și instituții, ca și pentru persoane particulare este de 120 lei; nu se fac decît abonamente integrale. Costul unui exemplar — 10 lei.

Cititorii din străinătate care doresc să se aboneze la revista E.E.A. — ELECTROTEHNICA, ELECTRONICA și AUTOMATICA se pot adresa Intreprinderii „ILEXIM” — departamentul export — import presă — București — Calea Griviței nr. 64-66. P.O.B. — 2001 — Telex 01.12.26



Tiparul :
Intreprinderea Poligrafică „Informația”
București, str. Brezoianu nr. 23-25, cd. 1426

ELECTROTEHNICA, ELECTRONICA ȘI AUTOMATICA

ORGAN AL MINISTERULUI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

Automatica și electronica nr. 3

CZ 538.51 : 621.3.014

TRANZISTOR CU INDUCȚIE STATICĂ
MODELARE

Tranzistorul cu inducție statică Partea I: modele fizico-matematice

ADRIAN RUSU*, CONSTANTIN POSTOLACHE** — BUCUREȘTI

Introducere

Lucrarea prezintă un model analitic pentru regimul static al tranzistorului cu inducție statică (SIT), care acoperă unitar atât regiunea exponențială cit și regiunea liniară a caracteristicii curent-tensiune de drenă. Modelele cunoscute pînă acum tratează separat regiunea curenților mici (conducție sub prag) de regiunea nivelelor mari de injecție. Pentru această ultimă regiune este cunoscut conceptul de curent limitat prin efectul rezistenței serie a canalului [1]...[7].

Modelul care se propune aici pune în discuție un concept fizic nou și anume lățimea

Descrierea regimului static se face pe baza modelului de dispozitiv prezentat în figura 1. Acest model este o aproximare a dispozitivului planar și reprezintă o soluție foarte bună pentru dispozitivele cu poartă retrasă. O astfel de structură lucrează în regim de golire completă a spațiului dintre electrozi. Ca urmare, acțiunea concomitentă a potențialului negativ de pe poartă ($-|V_{GS}|$) și a celui pozitiv de pe drenă (V_{DS}) duce la apariția unei distribuții de potențial de tip barieră pentru electroni în drumul de la sursă către drenă. Aceasta determină o dependență exponențială a curentului de drenă de tensiunile de poartă sau de

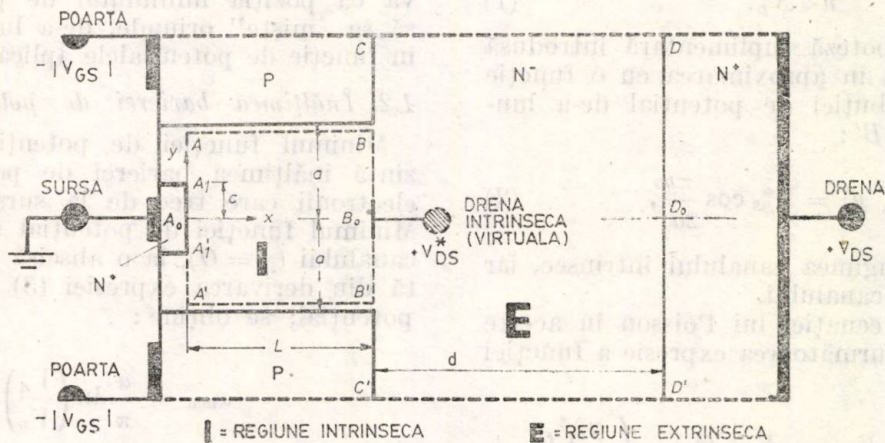


Fig. 1. Model constructiv simplificat pentru SIT.

efectivă a canalului. Aceasta permite evaluarea rapidă și corectă a capacității de curent și permite stabilirea unei granițe nete dintre SIT și TEC-J [8]...[10].

* Institutul Politehnic București, Facultatea de Electronică și Telecomunicații.

** Centrul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Componente Electronice (CCSIT-CE), București.

drenă, respectiv de înălțimea barierei de potențial. La curenți mari, sarcina electronilor care trec prin canal determină o creștere a înălțimii barierei de potențial, ceea ce duce la o variație mai slabă a curentului cu tensiunile aplicate pe electrozi; se poate ajunge, datorită acestui mod de funcționare, la un regim liniar.

Tranzistoarele cu inducție statică actuală lucrează în regiunea liniară a caracteristicilor statice; de aceea, regiunea exponențială este cunoscută și sub denumirea de conducție sub prag.

1. Regimul de conducție sub prag (la curenți mici) a SIT-ului

Punctul de plecare în analiza acestui regim de funcționare îl constituie cunoașterea distribuției de potențial, $\mathcal{O}(x, y)$, în cadrul modelului din figura 1. Atenția principală va fi concentrată asupra regiunii intrinseci, delimitată de conturul $ABB'A'$; această regiune conține porțiunea de canal unde se stabilește minimumul de potențial. Porțiunea de regiune golită rămasă, adică dreptunghiul $CDD'C'$ se va numi regiune extrinsecă. Această despărțire simplifică foarte mult calculele (care se doresc analitice!); pentru aceasta, frontiera BB' se consideră polarizată cu un potențial V_{DS}^* în centrul acesteia, B_0 . Acest punct se denumește drenă virtuală. Relația dintre V_{DS}^* și potențialele reale, aplicate pe electrozi, V_{GS} și V_{DS} va fi tratată separat și se anticipează a fi liniară.

1.1. Funcția de potențial $\mathcal{O}(x, y)$ din regiunea intrinsecă

Aproximația fundamentală a regimului de conducție sub prag este neglijarea concentrației de electroni din canal (n) față de concentrația de ioni donori (N_D^-) din aceeași regiune:

$$n \ll N_D^- \quad (1)$$

Următoarea ipoteză suplimentară introdusă de model constă în aproximarea cu o funcție cosinus a distribuției de potențial de-a lungul frontierei BB' :

$$\mathcal{O}(L, y) = V_{DS}^* \cos \frac{\pi y}{2a}, \quad (2)$$

unde L este lungimea canalului intrinsec, iar a semilățimea canalului.

Rezolvarea ecuației lui Poisson în aceste condiții duce la următoarea expresie a funcției de potențial:

$$\begin{aligned} \mathcal{O}(x, y) = & -(|V_{GS}| - V_p + \mathcal{O}_0) - \left(\frac{y}{a}\right)^2 \mathcal{O}_p + \\ & + \left[V_A \exp\left(-\frac{\pi x}{2a}\right) + V_B \exp\left(\frac{\pi x}{2a}\right) \right] \cos\left(\frac{\pi y}{2a}\right), \end{aligned} \quad (3)$$

unde constantele V_A și V_B au expresiile:

$$V_A = \frac{\mu_0}{\mu_0 + 1} \left[(|V_{GS}| - V_p + \mathcal{O}_0) - \frac{V_{DS}^*}{\mu_0 - 1} \right]; \quad (4)$$

$$V_B = \frac{\mu_0}{\mu_0^2 - 1} \left[V_{DS}^* + \frac{\mu_0 - 1}{\mu_0} (|V_{GS}| - V_p + \mathcal{O}_0) \right]. \quad (5)$$

În relațiile anterioare s-au făcut notațiile:

$$V_p = \mathcal{O}_p - \mathcal{O}_{B0} = \frac{qN_D^- a^2}{2\varepsilon} - \frac{kT}{q} \ln \frac{N_D^- N_A}{n_i^2}; \quad (6)$$

$$\mathcal{O}_0 = \frac{kT}{q} \ln \frac{N_D^+}{N_D^-}; \quad (7)$$

$$\mu_0 = \exp\left(\frac{\pi L}{2a}\right), \quad (8)$$

unde N_A reprezintă concentrația de acceptori (constantă) din poartă, N_D^+ — concentrația de donori (constantă) din sursă. Semnificațiile acestor mărimi sînt: V_p — tensiunea de poartă necesară închiderii canalului; $\mathcal{O}_{B0}$ — diferența internă de potențial a joncțiunii poartă-canal; $\mathcal{O}_0$ — diferența internă de potențial a structurii sursă-canal (n^+n); μ_0 — factorul de amplificare (cîștig) electrostatic intrinsec, măsurat la importanței relative a drenei față de poartă în controlul potențialului electrostatic din canal.

În figura 2 se face o reprezentare a funcției de potențial din axul canalului $\mathcal{O}(x, 0)$ pentru $|V_{GS}| - V_p = 10V$ și $V_{DS}^* = 0 \dots 200 V$, în cazul unui dispozitiv cu $L/a = 2$. Se observă că poziția minimumului de potențial poate să se „miște” oriunde, de-a lungul canalului, în funcție de potențialele aplicate pe electrozi.

1.2. Înălțimea barierei de potențial

Minimumul funcției de potențial, $\mathcal{O}_{\min}$, reprezintă înălțimea barierei de potențial pentru electronii care trec de la sursă către drenă. Minimumul funcției de potențial se află în axul canalului ($y = 0$), la o abscisă $x_{\min}$ care rezultă din derivarea expresiei (3) a funcției de potențial; se obține:

$$x_{\min} = \frac{a}{\pi} \ln \left(\frac{V_A}{V_B} \right); \quad (9)$$

$$\mathcal{O}_{\min} = -(|V_{GS}| - V_p + \mathcal{O}_0) + 2\sqrt{V_A V_B}. \quad (10)$$

Din relațiile de mai sus se observă că $x_{\min} = L/2$ pentru $V_{DS}^* = 0$, indiferent de polarizarea porții: totodată se observă că funcția de potențial nu mai prezintă minim ($x_{\min} = 0$) pentru o tensiune $V_{DS}^* \lim$ dată de:

$$V_{DS}^* \lim = \frac{1}{2} \frac{(\mu_0 - 1)^2}{\mu_0} (|V_{GS}| - V_p + \mathcal{O}_0),$$

În realitate, funcția de potențial prezintă totdeauna minim deoarece, în condițiile de polarizare date de (11), contează și sarcina

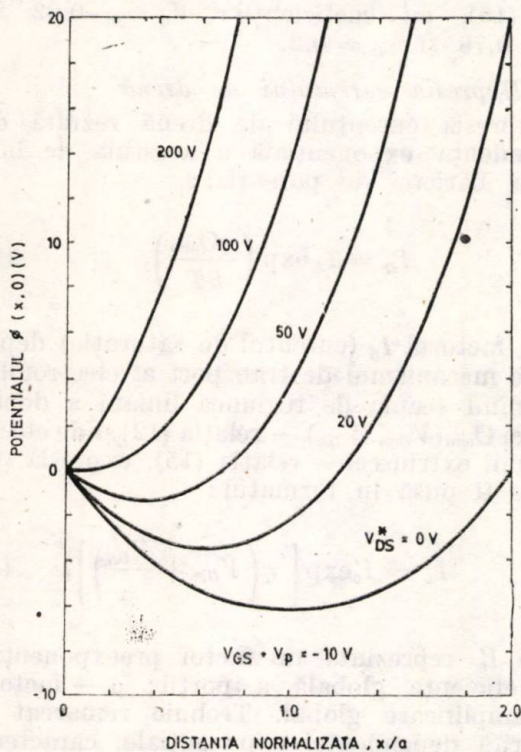


Fig. 2. Potencialul electrostatic din axul canalului, funcție de coordonată axială normalizată.

electrică a electronilor din canal. Figura 3 prezintă dependența barierei de potențial, $\phi_{\min}$, de mărimea tensiunii de poartă pentru diverse tensiunii ale drenei virtuale.

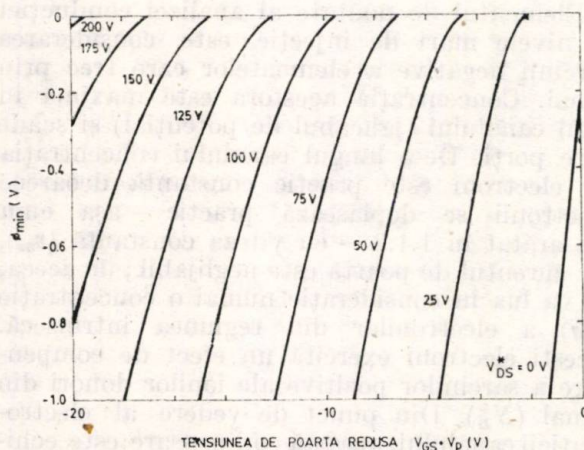


Fig. 3. Dependența barierei de potențial de tensiunile aplicate tranzistorului intrinsec.

Se observă că se poate aproxima o relație liniară $\phi_{\min}(V_{GS}, V_{DS}^*)$ de forma:

$$\phi_{\min} = \eta_{lin}^* \left[(V_{GS} + V_p - \phi_0) + \frac{V_{DS}^*}{\mu_{lin}^*} \right], \quad (12)$$

unde η_{lin}^* este eficiența porții, iar μ_{lin}^* — coeficientul intrinsec, pentru zona liniară a conductivității sub prag. Dezvoltând în serie termenul $\sqrt{V_A V_B}$ din expresia (10) și reținând doar primul termen, se obține o relație de forma (12) cu semnificațiile:

$$\eta_{lin}^* = 1 - \frac{\sqrt{\mu_0}}{\mu_0 + 1} \approx 1 - \frac{2}{\sqrt{\mu_0}}; \quad (13)$$

$$\mu_{lin}^* = \frac{\mu_0 - 1 - 2\sqrt{\mu_0}}{\sqrt{\mu_0}} \approx \sqrt{\mu_0}. \quad (14)$$

3. Cîmpul electric în regiunea intrinsecă

Intensitatea cîmpului electric rezultă imediat, prin derivarea expresiei (3) a potențialului electric în regiunea intrinsecă. În figura 4 se

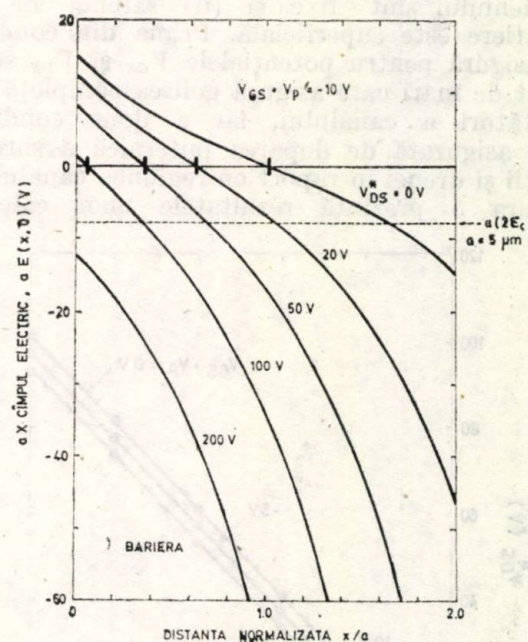


Fig. 4. Cîmpul electric din axul canalului, funcție de coordonata axială normalizată

prezintă — în coordonate normalizate — dependența intensității cîmpului electric din axul canalului de abscisa x , pentru aceleași condiții de polarizare ca în figura 2. Importanța studiului cîmpului electric rezidă din observația că electronii, după ce trec peste barieră, parcurg cea mai mare parte a canalului cu viteza de saturație maximă ($v_{ns} \approx 10^7$ cm/s). Se poate aproxima că la cîmpuri electrice mai mari de cît $2E_c = 1,6 \cdot 10^3$ V/cm electronii ating viteza de saturație. Această limită a fost prezentată în figura 4 prin linia punctată a $(2E_c)$ pentru $a = 5 \mu\text{m}$.

Se observă că la tensiuni mari de drenă, care aduc punctul de barieră în vecinătatea

sursei, electronii trec practic prin tot canalul cu viteza maximă posibilă. Aceasta reprezintă o primă explicație a bunelor performanțe în frecvență ale SIT-ului.

1.4. Influența regiunii extrinseci

Studiul regiunii extrinseci are ca finalitate dependența potențialului drenă virtuale, V_{DS}^* , de potențialele externe aplicate, V_{GS} și V_{DS} . Deoarece punctul B_0 (drenă virtuală) este fix, potențialul lui este liniar dependent de tensiunile V_{GS} și V_{DS} :

$$V_{DS}^* = V_0 + \alpha_G(V_{GS} + V_p) + \alpha_D V_{DS}, \quad (15)$$

unde V_0 , α_G și α_D sînt constante depinzînd de geometria și doparea dispozitivului. Relația liniară (15) este o consecință a liniarității ecuației lui Poisson în condițiile: (i) frontierele domeniului sînt fixe și (ii) sarcina de pe frontiere este superficială. Prima din condiții se asigură pentru potențialele V_{GS} și V_{DS} suficient de mari care asigură golirea completă de purtători a canalului, iar a doua condiție este asigurată de doparea puternică a sursei, porții și drenă în raport cu regiunea canalului. Figura 5 prezintă rezultatele unor calcule

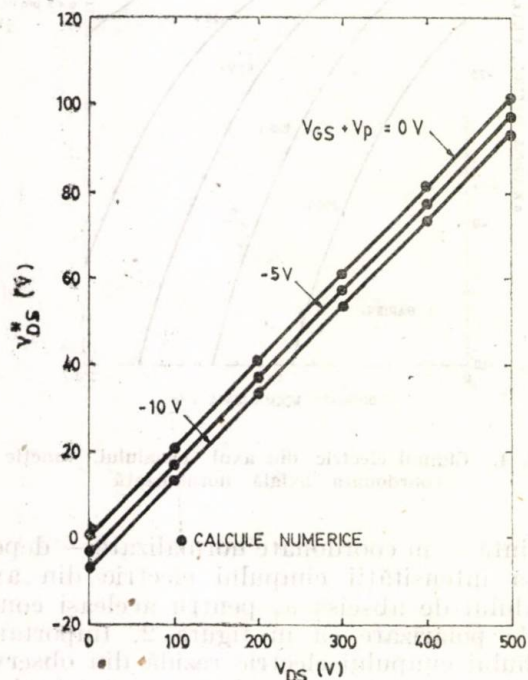


Fig. 5. Dependenta potențialului drenă virtuale de tensiunile aplicate pe electrozi.

numerice privind distribuția de potențial din SIT fără a mai fi împărțit în două regiuni. S-au luat în considerare 18 puncte de calcul pentru tensiuni $V_{GS} + V_p = 0 \dots -10V$ și $V_{DS} = 0 \dots 500V$, pentru un dispozitiv cu datele: $a = 5 \mu m$; $L = 10 \mu m$; $b = 5 \mu m$;

$c = 2,5 \mu m$; $d = 10 \mu m$; $N_D^- = 10^{14} cm^{-3}$; $N_A = 10^{18} cm^{-3}$; $N_D^+ = 10^{20} cm^{-3}$. Se demonstrează foarte bine liniaritatea, conform relației (15), cu coeficienții: $V_0 = -0,02V$; $\alpha_G = 0,76$ și $\alpha_D = 0,2$.

1.5. Expresia curentului de drenă

Expresia curentului de drenă rezultă din dependența exponențială a acestuia de înălțimea barierei de potențial:

$$I_D = I_0 \exp\left(\frac{q\phi_{min}}{kT}\right), \quad (16)$$

unde factorul I_0 (curentul de saturație) depinde de mecanismul de transport al electronilor.

Ținînd seama de regiunea liniară a dependenței $\phi_{min}(V_{GS}, V_{DS})$ — relația (12) și de efectul regiunii extrinseci — relația (15), expresia (16) poate fi pusă în formatul:

$$I_D = I_0' \exp\left[\eta\left(V_{GS} + \frac{V_{DS}}{\mu}\right)\right], \quad (17)$$

unde I_0' reprezintă un factor preexponențial, η — eficiența globală a porții; μ — factorul de amplificarea global. Trebuie remarcat că datorită dependenței exponențiale, caracteristica statică $I_D(V_{GS}, V_{DS})$ — (17) — are un puternic caracter neliniar.

2. Regimul de conducție la nivel mare de injecție. Regiunea liniară a caracteristicilor

2.1. Analiza calitativă

Elementul de noutate al analizei conducției la nivele mari de injecție este considerarea sarcinii negative a elementelor care trec prin canal. Concentrația acestora este maximă în axul canalului (jgheabul de potențial) și scade spre porți. De-a lungul canalului concentrația de electroni este practic constantă deoarece electronii se deplasează practic — așa cum s-a arătat în 1.1.3 — cu viteza constantă (v_{ns}), iar curentul de poartă este neglijabil; de aceea, se va lua în considerație numai o concentrație $n(y)$ a electronilor din regiunea intrinsecă. Acești electroni exercită un efect de compensare a sarcinilor pozitive ale ionilor donori din canal (N_D^-). Din punct de vedere al electrostaticii canalului, această compensare este echivalentă cu o dopare mai slabă a materialului canalului. Aceasta corespunde unei tensiuni de închidere a canalului, V_p , mai mică, deci unei tensiuni redusă de poartă $V_{GS} + V_p$ mai negativă.

În termenii barierei de potențial, creșterea curentului de drenă — ori prin micșorarea lui $|V_{GS}|$, ori prin creșterea lui V_{DS} — duce la atenuarea scăderii barierei de potențial. Acea-

sta duce la o variație mai slabă a curentului de drenă în raport cu tensiunea compusă $V_{GS} + V_{DS}/\mu$; la limită dependența devine liniară (regim gen triodă).

O altă caracteristică a acestui regim constă în realizarea unei regiuni neutre în centrul canalului. Într-adevăr, creșterea concentrației maxime de electroni, din centrul canalului, $n(o)$, poate atinge concentrația de donori, N_D^- ; în acest moment în axul canalului se obține un „fir” neutru. Creșterea mai departe a curentului nu determină creșterea mai departe a concentrației $n(o)$, ci lățirea regiunii neutre, pentru care $n = N_D^-$. Această zonă neutră se va numi canal efectiv, iar semilățimea lui se notează a_{ef} .

Conceptul de canal neutru este susținut de calcule, așa cum rezultă din figura 6.

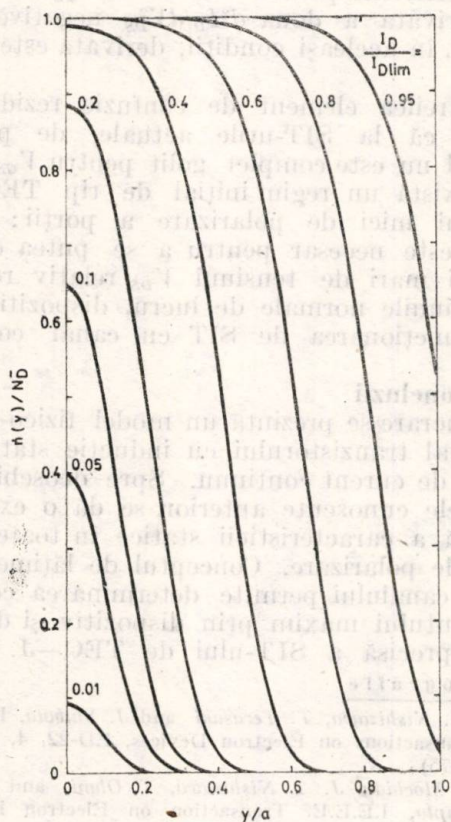


Fig. 6. Concentrația de electroni din canal funcție de coordonata transversală normalizată.

2.2. Curentul maxim într-un SIT

Pe baza raționamentelor fizice de mai sus, concentrația de electroni în canalul efectiv este $n = N_D^-$; ca urmare curentul de drenă are expresia:

$$I_D = qv_{ns}N_D^-(2a_{ef})W_t, \quad (18)$$

unde W_t este lățimea canalului. Conformă cu (18) valoarea maximă a curentului de drenă

care poate fi atinsă într-un SIT; I_{Dlim} , corespunde condiției $a_{ef} = a$, adică:

$$I_{Dlim} = qv_{ns}N_D^-(2a)W_t. \quad (19)$$

Curentul limită reprezintă o mărime de normalizare a curenților; de exemplu lățimea canalului efectiv este dată de:

$$a_{ef} = \frac{I_D}{I_{Dlim}} a. \quad (20)$$

Principial, curentul de drenă poate depăși valoarea I_{Dlim} într-un regim controlat de sarcina spațială a electronilor. Pentru dispozițiile raportate pînă acum în literatură, curenții de drenă nu depășesc $0,7 \div 0,8$ din I_{Dlim} .

2.3. Model cantitativ simplificat al caracteristicii statice

Avînd în vedere că în ecuația lui Poisson concentrația de electroni apare aditiv (dar cu semn opus) față de concentrația de donori, expresia barierei de potențial devine:

$$\phi_{min} = \phi_1 + \eta^* \left(V_{GS} + \frac{V_{DS}^*}{p} - \frac{I_D}{S} \right). \quad (21)$$

În deducerea relației de mai sus s-a avut în vedere proporționalitatea concentrației de electroni cu mărimea curentului de drenă (relația (18), $n = N_D^-$). Mărimile suplimentare introduse în (21) pot fi ușor verificate ca fiind date de:

$$\phi_1 = \eta^*(V_p - \phi_0) \quad (22)$$

și

$$S = \frac{I_{Dlim}}{2\phi_p} = 2\varepsilon v_{ns} \frac{W_t}{a}. \quad (23)$$

Mărimea S este o constantă de proporționalitate ușor măsurabilă așa cum se va vedea mai departe.

Introducînd expresia (21) în relația (16) se obține expresia caracteristicii statice:

$$I_D = I_1 \exp \left(\eta^* \frac{V_{GS} + V_{DS}/\mu^* - I_D/S}{V_T} \right), \quad (24)$$

unde

$$I_1 = I_0 \exp \left(\frac{\eta^* \phi_1}{V_T} \right); \quad V_T = kT/q. \quad (25)$$

Logaritmind relația (24) se obține ecuația de bază a funcționării SIT-ului în coordonate generalizate aceasta are forma:

$$i + \ln i = v, \quad (26)$$

unde:

$$i = \frac{I_D}{SV_T/\gamma^*}; v = \frac{V_{GS} + V_{DS}^*/\mu}{V_T/\gamma^*} + \ln \frac{I_1}{SV_T/\gamma^*} \quad (27)$$

Soluțiile calculate pentru relația (26) sînt prezentate în figura 7. Se observă tranziția continuă de la caracteristica exponențială —

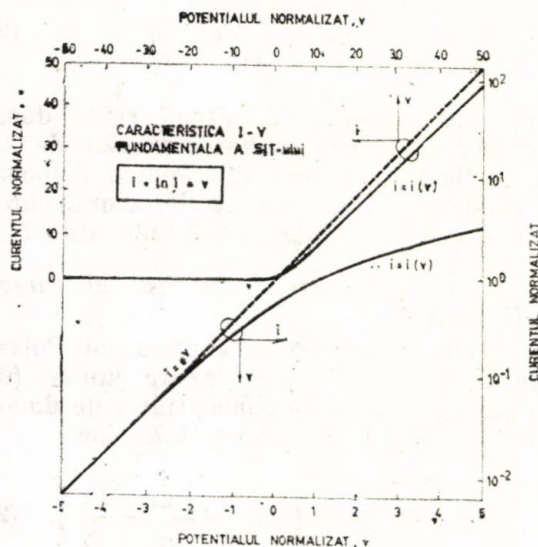


Fig. 7. Caracteristica statică a SIT-ului în coordonate generalizate.

la curenți mici — la caracteristica liniară — în regim de injecție înaltă. Într-adevăr, asimptotele relației (26) indică pentru curenți mici (sau $v < 0$, $|v| \gg 1$):

$$\ln i \approx v; i \approx e^v, \quad (28)$$

iar pentru curenți mari ($i > \ln i$):

$$i \approx v \quad (29)$$

Ecuția asimptotică se transcrie în clar, sub forma:

$$I_D = S(V_{GS} + V_{DS}^*/\mu^*) + \frac{SV_T}{\gamma^*} \ln \frac{I_1}{SV_T/\gamma^*}. \quad (30)$$

De aici rezultă că parametrul S reprezintă panta caracteristicii SIT-ului în regiunea liniară.

2.4. Comparația între SIT și TEC-J vertical

Adesea, se face confuzie între SIT și TEC-J vertical. Primul element de asemănare, generator de confuzie, este structura constructivă. TEC-J este însă caracterizat de existența unui canal neutru, metalurgic, ale cărui dimensiuni sînt controlate de tensiunile aplicate pe electrozi; deci curentul de drenă este controlat de rezistența canalului. SIT-ul are însă regiunea canalului complet golită de purtători, deci nu are canal neutru metalurgic. Mărimea curentului prin SIT este controlată de o barieră de potențial.

Este adevărat că în regimul de lucru la nivel mare de injecție în SIT se formează un canal neutru (de lățimea $2a_{ef}$), ceea ce reprezintă al doilea motiv de confuzie, dar caracterul neutru se obține prin inducere la curenți mari.

Curgerea electronilor prin canalul metalurgic al TEC-J-ului se face cu viteză relativ mică, în schimb, la SIT, aceștia capătă viteză de saturație.

Dependența curentului de drenă de tensiunea de drenă, la TEC-J trece de la una liniară spre o tendință de limitare (saturare a curentului) datorită îngustării canalului la capătul dinspre drenă. La SIT, creșterea tensiunii de drenă face trecerea de la o dependență exponențială către una liniară printr-un preces de lărgire uniformă a canalului neutru indus — vezi relația (20). Din punct de vedere practic, caracteristicile pentru TEC-J la $V_{GS} = \text{const.}$, au derivata a doua $d^2 I_D / dV_{DS}^2$ negativă, iar la SIT, în aceleași condiții, derivata este pozitivă.

Al treilea element de confuzie rezidă din faptul că la SIT-urile actuale, de putere, canalul nu este complet golit pentru $V_{GS} = 0$, deci există un regim inițial de tip TEC-J la tensiuni mici de polarizare a porții; acest lucru este necesar pentru a se putea obține curenți mari de tensiuni V_{DS} relativ reduse. În regiunile normale de lucru, dispozitivul își reia funcționarea de SIT cu canal complet golit.

3. Concluzii

În lucrare se prezintă un model fizico-matematic al tranzistorului cu inducție statică, în regim de curent continuu. Spre deosebire de modelele cunoscute anterior, se dă o expresie unitară a caracteristicii statice în toate regiunile de polarizare. Conceptul de lățime efectivă a canalului permite determinarea corectă a curentului maxim prin dispozitiv și delimitarea precisă a SIT-ului de TEC-J.

Bibliografie

- [1] J. I. Nishizawa, T. Terasaki and J. Shibata, I.E.E.E. Transactions on Electron Devices, ED-22, 4, p. 185, (1975).
- [2] Y. Mochida, J. I. Nishizawa, T. Ohmi, and R. K. Gupta, I.E.E.E. Transaction on Electron Devices, ED-25, 7, p. 761, (1978).
- [3] H. Ogaŵa, A. Abe, T. Nakajima, T. Kajiŵara, Electronics Letters, 11, p. 223, (1975).
- [4] J. I. Nishizawa, K. Yamamoto, I.E.E.E. Transaction on Electron Devices, ED-25, 3, p. 314 (1978).
- [5] O. Ozawa, H. Iwasaki, and K. Muramoto, I.E.E.E. Journal of Solid State Circuits, SC-11, 4, 511 (1976).
- [6] J. L. Morenza, D. Estevo, Solid-State Electronics, 21, p. 739 (1978).
- [7] P. Plotka, B. Nilamowski, Solid-State Electronics, 23, p. 693 (1980).
- [8] C. Bulucea, A. Rusu, Solid-State Electronics, 30, p. 1227, (1987).
- [9] A. Rusu, C. Postolache, Lucrările CAS, ed. a 10-a, p. 281 (1987).
- [10] A. Rusu, C. Postolache, Automatica și Electronica, 32, nr. 1, p. 46 (1988).

CZ : 621.385.2

GALIU — ARSEN
BARIERA — SCHOTTKY

Diode de microunde cu bariera Schottky pe galiu arsen

ALEXANDRU MÜLLER; SORIN VOINIGESCU; IRINA KLEPȘ; CECILIA PODARU; ANTONIE CORICI* — BUCUREȘTI

Introducere

Ultimul deceniu a marcat un interes mereu crescând în domeniul dispozitivelor de microunde cu GaAs. Procesele tehnologice favorabile asociate cu formarea barierei Schottky pe suprafața de GaAs precum și gradul înalt de integrabilitate în circuitele monolitice pentru microunde au făcut din bariera Schottky elementul principal al dispozitivelor de microunde cu GaAs — mixere, varactoare, FET-uri.

Lucrarea prezintă un proces tehnologic original pentru realizarea diodelor Schottky de mixare și Schottky varactor. Caracteristicile electrice sînt deduse teoretic și comparate cu valorile experimentale măsurate.

1. Fabricarea diodelor

S-a realizat un proces tehnologic original pentru fabricarea diodelor de mixare și varactor cu barieră Schottky. Pentru aplicațiile de mixare s-au utilizat straturi epitaxiale de $0.5 \dots 0.8 \mu\text{m}$ grosime și concentrație de $3 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$. Pentru diodele varactor s-au utilizat straturi epitaxiale de grosime $2 \dots 2.5 \mu\text{m}$ cu profil hyperabrupt.

Procesul tehnologic — figura 1 — are ca primă etapă realizarea structurilor MESA prin mască de fotorezist — unica mască utilizată în proces — [1]. Corodarea MESA se realizează într-o soluție $3(\text{1MK}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) : 1\text{H}_2\text{SO}_4 : 2\text{HCl}$, care are o rată de corodare de $2 \mu\text{m}/\text{min}$ la 40°C . După corodarea MESA structura este pasivată cu un strat de SiO_2 depus din fază de vapori (LTCVD) la o temperatură de $250^\circ \dots 350^\circ\text{C}$. Pe spatele plachetei este apoi depus contactul ohmic-AuGe, de rezistență scăzută. Contactul de AuGe este tratat la 350°C timp de zece minute în atmosferă de hidrogen. Corodarea bioxidului de siliciu de pe topul structurii MESA se realizează fără mască. Datorită diametrului foarte mic al structurii, stratul de fotorezist ce se depune pe topul structurilor MESA este mult mai subțire decât cel din zonele corodate. Ca urmare, o expunere fără mască de $1 \dots 2$ secunde, urmată de dezvoltare, asigură dezvelirea doar a topurilor structurilor MESA, astfel bioxidul de siliciu putînd fi îndepărtat prin corodare. Urmează depunerea contactului Schottky — $10000 \text{ \AA}$

aluminiiu. Aluminiiu de pe zonele nedorite, se îndepărtează prin tehnică lift-off, folosind fotorezistul rămas în zonele corodate MESA. Barierele Schottky de aluminiiu rămîn autoa-

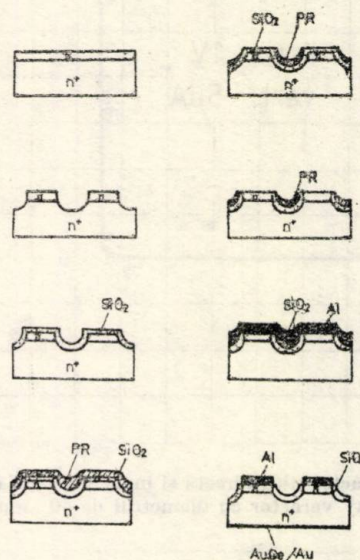


Fig. 1. Fluxul tehnologic

liniate cu stratul de bioxid de siliciu pasivant care protejează văile structurii MESA. Plachetele sînt apoi tăiate, structurile fiind montate în capsule coaxiale, microstrip și LID, utilizînd eutectic de Au-Ge și fire de aur $17 \mu\text{m}$ diametru — atașate prin termocompresie. Corodarea MESA anizotropă conduce la o formă ușor eliptică a structurii. Deoarece, după corodarea MESA nu mai urmează nici o mască, anizotropia nu are nici o influență asupra următoarelor etape în fluxul tehnologic.

2. Caracteristicile diodelor

a. Caracteristica I — V

Caracteristica I — V a unei diode Schottky cu diametrul de $40 \mu\text{m}$ este prezentată în figura 2. Tensiunea de străpungere este de 6V la un curent de $5 \mu\text{A}$. Curentul rezidual este mai mic de 2 nA la 3V polarizare inversă. Rezistența serie la 20 mA a fost de 5.7 ohm . Diodele de mixare prezintă o tensiune de străpungere de 12V . Înălțimea barierei ϕ_B și factorul de neidealitate, n , au fost determinate din caracteristica curent-tensiune, figura 3. Pentru a determina ϕ_B , n , R_s dintr-o singură măsurătoare, s-a aplicat metoda propusă de

* Centrul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Componente Electronice — București.

S.K. Cheung și N.V. Cheung [3]. Deoarece caracteristica curent-tensiune este dată de:

$$I = I_s \exp \left(\frac{q(V - IR_s)}{nKT} - 1 \right) \quad (1)$$

unde

$$I_s = A_{eff} A^{**} T^2 \exp \left(\frac{q\phi_B}{RT} \right) \quad (2)$$

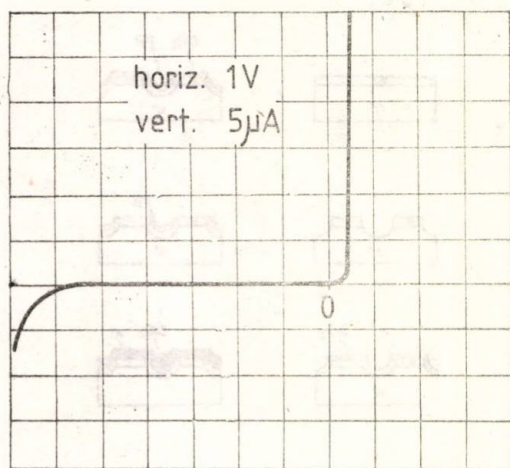


Fig. 2. Caracteristica directă și inversă a unei diode Schottky varactor cu diametrul de 40 mm

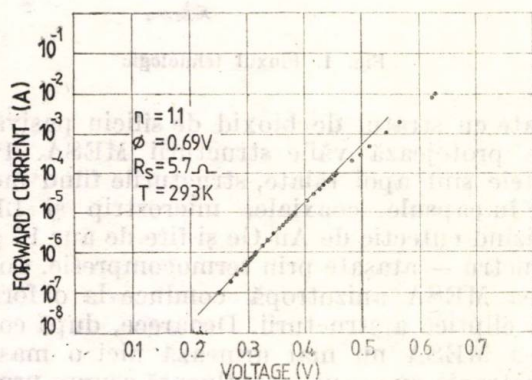


Fig. 3. Reprezentarea în scară semilogaritmică a caracteristicii curent-tensiune directe a diodei Schottky varactor MV 10.

unde A_{eff} este aria efectivă și A^{**} este constanta Richardson ($8.6 \text{ cm}^{-2} \text{ K}^{-2} \text{ A}$); prin reprezentarea $d(V)/d(\ln I)$ funcție de I se pot determina R_s (din pantă), n (din interceptul cu axa y).

$$\frac{dV}{d(\ln I)} = IR_s + \frac{nKT}{q}$$

Apoi făcînd următoarele notații:

$$H(I) = V - (nKT/q) \ln I / (A_{eff} A^{**} T^2) \quad (4)$$

$$H(I) = IR_s + n\phi_B \quad (5)$$

Și reprezentînd expresia (5) funcție de curent, înălțimea barierei poate fi extrasă din interceptul cu axa y . Valoarea lui R_s determinată din pantă, poate fi utilizată pentru evaluarea măsurătorii făcută din primul grafic. Figura 3 prezintă caracteristica $I-V$ a diodei MV 10. Măsurătorile indică un factor de neidealitate 1,12, o rezistență serie de 5,8 ohm. Pentru înălțimea barierei s-a obținut valoarea de 0,69 V. Cele 20 dispozitive măsurate au prezentat $n = 1,1 \dots 1,2$ și $\phi = 0,66 \dots 0,72$ V. Factorul de neidealitate este practic constant pe circa două decade de curent și crește la valori ale curentului ce depășesc 1mA, datorită încălzirii structurii.

b) Caracteristica C-V

Figura 4 prezintă caracteristica C-V măsurată și calculată pentru o diodă Schottky varactor cu diametrul de 40 μm . Se poate vedea excelenta concordanță între teorie și experiment, ceea ce confirmă valorile înălțimii barierei și a tensiunii de străpungere luate în considerație în calcule.

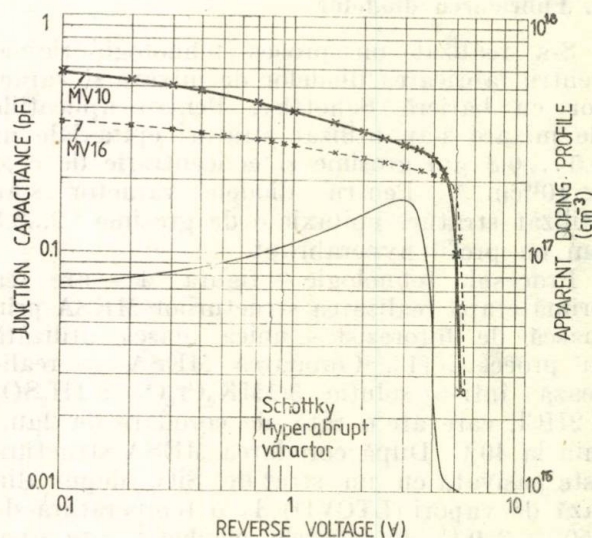


Fig. 4. Caracteristicile C-V teoretice și experimentale pentru două diode Schottky varactor — linie continuă groasă și punctată — Profilul de dopaj aparent determinat experimental este prezentat cu linie subțire.

Caracteristica C-V teoretică a fost obținută numeric rezolvînd ecuația lui Poisson, ținînd cont de deionizare și de statistica Fermi-Dirac [4]. Pentru o verificare suplimentară a rezultatelor numerice (în afară de confruntarea cu experimentul), profilul de dopaj aparent a fost calculat din curbele C-V teoretice și s-a constatat a fi în concordanță cu cel introdus inițial în model, în limitele unei erori de 5%. Curbele C-V teoretice au fost obținute din interpolarea profilului experimental determinat din măsurători C-V (linia subțire din fig. 4).

În figura 4, se pot observa două regiuni distincte în caracteristica C—V: — o regiune cu o pantă mai mică (în scară dublu logaritmică) până la circa 4 V, urmată de o regiune cu o pantă foarte abruptă în apropierea tensiunii de străpungere. Ultima se datorează scăderii bruște a dopajului la valori sub 10^{16}cm^{-3} . Când zona de sarcină spațială ajunge în această regiune, excursia ei, la variații mici ale tensiunii de polarizare, devine mare și ajunge la substrat (pătrundere), ceea ce conduce la străpungere. Rata de acord măsurată ($C_f(O)/C_f(V_{BR})$) este mai mare de 5, pentru dispozitivele realizate. Rate de acord mai mari implică o optimizare a profilului hyperabrupt. Evident aceasta va duce la reducerea frecvenței de tăiere.

Dispozitivele realizate sînt recomandate pentru benzile de frecvență X și Ku .

3. Concluzii

A fost prezentat un proces tehnologic original pentru fabricarea diodelor MESA pe Galiu-Arsen, cu barieră Schottky.

Procesul utilizează o singură mască și necesită temperaturi joase (mai mici de 350°C). Au fost fabricate diode de mixare și acord pentru benzile X și Ku . Caracteristicile I—V și C—V au fost analizate teoretic și experimental, conducînd la performanțele deosebite ale dispozitivelor realizate.

Bibliografie

- [1] S. Adachi, și alții, J. Mat. Sci, Vol 16, p. 2449, 1981
- [2] F. Crăciunoiu, Proceedings CAS, 1985
- [3] S. K. Cheung and N. W. Cheung, Appl. Phys. Lett. 49, 27, p. 85, 1986
- [4] S. Voinigescu, Proceedings CAS, 1988

CZ 538.551 : 621.317.3

SILICIU
GHETTER
SEGREGARE

Ghetter prin segregare

DAN SACHELARIE, ROXANA UNGUREANU, ARITINA BĂDOIU, MIHAELA STOICA*

INTRODUCERE

Procesele de ghetterare care folosesc difuzia fosforului pe spatele plachetei de siliciu [1] sînt bazate, de obicei, pe generarea dislocațiilor de neconcordanță la temperaturi mari de tratament. Un proces de ghetterare, cel puțin la fel de eficient, poate fi realizat la temperaturi joase utilizînd proprietățile de segregare ale impurităților metalice în zone puternic dopate cu fosfor.

1 TEORIE

În condiții de echilibru, concentrația N_0 a unei impurități metalice aflată în siliciu intrinsec este diferită [2] de concentrația N a aceleiași impurități aflată, de această dată, în siliciu dopat cu fosfor:

$$N_0 = N_{Si} \cdot \exp\left(-\frac{E_0}{kT}\right), \quad (1)$$

$$N = N_{Si} \cdot \exp\left(-\frac{E_0}{kT}\right) + N_P \cdot \exp\left(-\frac{E_P}{kT}\right), \quad (2)$$

unde N_{Si} , N_P sînt concentrațiile atomilor de siliciu și de fosfor din rețeaua siliciului. E_0 și E_P reprezintă energiile de activare ale procesului de incorporare a impurității metalice în siliciu intrinsec și, respectiv, în siliciu dopat cu fosfor.

Coeficientul K , de segregare a impurităților metalice din siliciu intrinsec în siliciu dopat, este definit ca raportul N/N_0 ,

$$K = 1 + \frac{N_P}{N_{Si}} \cdot \exp \frac{E_0 - E_P}{kT}. \quad (3)$$

Să considerăm acum o plachetă de siliciu de grosime d_{Si} în care, inițial, se află N_T atomi de impuritate metalică. Dacă pe spatele plachetei se crează o zonă de grosime d_P dopată cu fosfor, concentrația N_T se redistribuie între cele două zone și din legea conservării concentrației totale de impurități metalice, rezultă

$$N_T \cdot d_{Si} = N_0(d_{Si} - d_P) + N \cdot d_P \quad (4)$$

Se definește eficiența G a procesului de ghetterare ca raportul concentrațiilor inițiale și finale, N_T/N_0 , de impurități metalice din siliciu intrinsec. Din relațiile (3) și (4) rezultă

$$G = 1 + \frac{d_P}{d_{Si}} \cdot \frac{N_P}{N_{Si}} \cdot \exp \frac{E_0 - E_P}{kT}. \quad (5)$$

Procesul de ghetterare prin segregare este deci posibil pentru energii de activare îndeplinind condiția, $E_0 > E_p$. Ea este valabilă, practic, pentru toate impuritățile metalice cu nivele energetice adânci, apropiate de mijlocul benzii interzise a siliciului. Creșterea solubilității atomilor de aur în siliciu puternic dopat cu fosfor reprezintă o exemplificare tipică a valabilității condiției amintite. Procesul de segregare este favorizat la temperaturi joase de tratament, temperatura maximă de lucru fiind dată de condiția, $kT_{\max} < E_p - E_0$. Limita inferioară a temperaturii de segregare este dictată de condiția ca durata difuziei impurităților metalice din siliciu să fie rezonabilă. Se observă de asemenea că o concentrație de fosfor superioară favorizează procesul de segregare.

2 Rezultate experimentale

În figura 1 sînt prezentate rezultatele obținute pe un experiment de ghetterare prin segregare efectuat la temperaturi diferite, 800

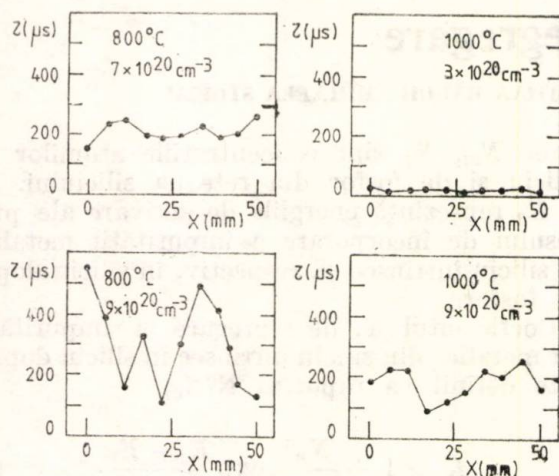


Figura 1. Distribuția timpului de viață de-a lungul diametrului plăcii ghetterate prin segregare. În figură sînt indicate temperatura de tratament și concentrația de suprafață a fosforului.

și 1000°C. Concentrația totală a atomilor de fosfor difuzați în siliciu este, în toate cazurile, sub valoarea critică de generare a dislocațiilor de neconcordanță [3]. Caracterizarea plăche-

telor prin topografie de raze X confirmă acest lucru, efectul de ghetterare fiind datorat, prin urmare, exclusiv procesului de segregare. Analiza rezultatelor sintetizate în figura 1 indică, în acord cu teoria, o eficiență mai bună de ghetterare la temperaturi mai joase și la concentrații superioare de fosfor. În figura 2 este dată caracteristica $C(t)$ a unui capacitor MOS la care s-a aplicat un tratament optimizat de ghetterare prin segregare. Eficacitatea ghetterului este deosebită, timpul de viață de generare fiind de 2 ms, iar viteza de generare pe suprafață de 0,1 cm/s.

Explicația fizică a ghetterării prin segregare poate fi căutată în fenomenele de trapare a atomilor de impuritate la centrii E formați [4] din perechi fosfor-vacanță. Energia de prag a procesului de trapare pare să fie egală mai degrabă cu energia de activare a vacanței, decît cu cea a centrului E.

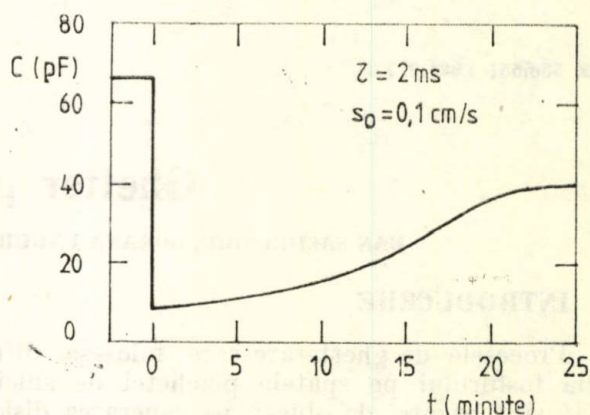


Figura 2. Caracteristica C-t a unui capacitor MOS de pe o placă supusă unui tratament optimizat de ghetterare prin segregare.

3 Concluzii

Segregarea la temperaturi joase a impurităților metalice din siliciu în zone puternic dopate cu fosfor poate fi folosită ca un excelent proces de ghetterare.

Bibliografie

- [1] G. Rozgonyi, ș.a., J. Electrochem Soc. 122, p. 1725, 1975.
- [2] L. Baldi, ș.a., Phys. Stat. Sol. (a) 48, p. 523, 1978.
- [3] D. Sachelarie, ș. a., Proc. MIEL, p. 621, Ljubljana, 1985.
- [4] D. Sachelarie, K. Zdansky, Lucrările CAS, p. 471, 1987.

CZ 621.316.5.537.3

AUTOCALIBRARE
COMUTATOR STATIC
CURENT DE INTRARE

Implicații ale autocalibrării

ION CONSTANTINESCU* — BUCUREȘTI

Introducere

Utilizarea microprocesorului în aparatele de măsurat de înaltă precizie a condus la apariția instrumentului inteligent dotat, printre altele, cu posibilitatea autocalibrării [1].

La un multimetru numeric programabil [2] de pildă, rostul autocalibrării este corectarea digitală a rezultatului măsurării afectat de imperfecțiunile circuitului analogic de la intrare (offset de tensiune, curent de polarizare, cîștig). Cunoașterea acestora prin măsurări separate permite corectarea prin calcul a rezultatului și afișarea valorii exacte a mărimii măsurate.

Implementată de obicei în 2 moduri, cu sau fără etaloane încorporate, funcția de autocalibrare conduce la: garantarea stabilității preciziei pe termen lung, simplificarea verificării metrologice, fiabilitate ridicată prin renunțare la elemente de reglare. Autocalibrarea cu etaloane incluse în aparat are avantajul folosirii unui număr mic de componente de mare stabilitate, concentrate în blocul etaloanelor. Cazul acestui tip de autocalibrare este considerat în lucrarea de față și deși conduce la reducerea complexității amplificatorului de intrare, folosirea ei nu este lipsită de riscuri în ce privește cîteva din performanțele importante ale aparatului: deriva offsetului de tensiune și curentul de intrare. După cum vom vedea păstrarea acestora este posibilă numai cu ajutorul unor componente adecvate.

1 Autocalibrarea și curentul de intrare

Pentru exemplul ales — un multimetru numeric programabil, vom observa (fig. 1) că în regim de autocalibrare măsurarea are 3 cicluri:

1. ZERO — măsurarea offsetului, ΔU_0 , pentru amplificatorul de intrare;
2. MAE — măsurarea semnalului etalon, U_e ;
3. MAX — măsurarea semnalului necunoscut, U_x . Pentru execuția celor 3 măsurări, în circuitele de intrare s-au utilizat comutatoare statice — tranzistoare cu efect de cîmp.

În cazul voltmetrelor numerice, o performanță notabilă este posibilitatea măsurării surselor de semnal cu rezistență internă mare. Ori, prezența în circuitul de intrare a unor

comutatoare statice cu curenți reziduali importanți, poate duce la măsurări eronate, chiar dacă rezistența de intrare a aparatului este foarte mare.

În exemplul nostru sînt necesare 7 comutatoare așa cum rezultă din figura 2 și 3 a părții de intrare în multimetrul numeric.

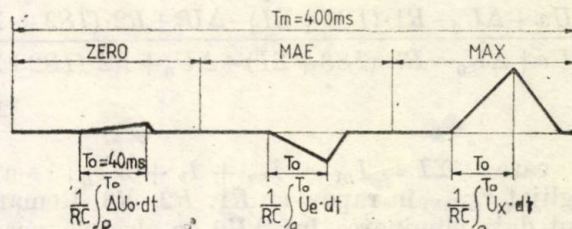


Fig. 1. Măsurarea în regim de „autocalibrare” (ieșire integrator)

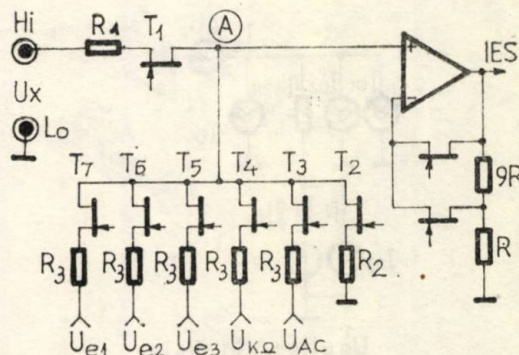


Fig. 2. Schema simplificată a circuitului de intrare

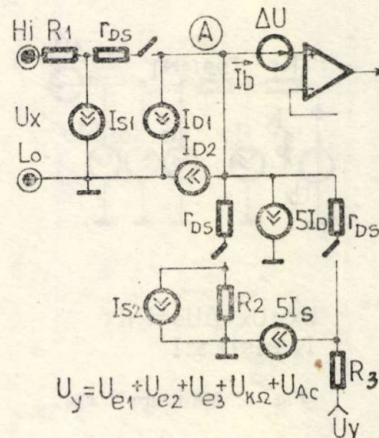


Fig. 3. Schema echivalentă pentru fig. 2, cu $T3...T7$ identici

Valoarea de afişat rezultă în urma calculului efectuat după relaţia (1):

$$V_A = \frac{U'x - U_0}{U'e - U_0} \cdot k \quad (1)$$

în care: V_A — valoarea de afişat; $U'x$ — rezultatul măsurării în ciclul MAX; U_0 — rezultatul măsurării în ciclul ZERO; $U'e$ — rezultatul în ciclul MAE; k — constantă.

Cu referire la schemele echivalente pentru fiecare ciclu de măsurare (fig. 4, 5, 6), relaţia (1) se scrie dezvoltat;

$$V_A = \frac{Ux + \Delta U_0 - R_1 \cdot (IS_1 + \Sigma I) - \Delta U_0 + R_2 \cdot (IS_2 + \Sigma I)}{Ue + \Delta U_0 - R_3 \cdot (IS_3 + \Sigma I) - \Delta U_0 + R_2 \cdot (IS_2 + \Sigma I)} \cdot k \quad (2)$$

în care: $\Sigma I = I_{D1} + I_{D2} + I_b + 5I_D$; s-au neglijat $r_{DS(ON)}$ în raport cu R_1 , R_2 , R_3 . Remarcind deja eliminarea lui ΔU_0 se observă posibilitatea diminuării efectului curenţilor reziduali printr-o alegere corespunzătoare a rezistoarelor R_1 , R_2 , R_3 .

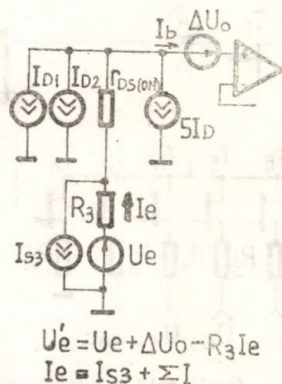


Fig. 4 Măsurare U_o

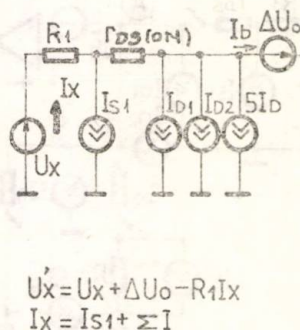


Fig. 5. Măsurare U_x

Luînd 2 cazuri limită: a) $Ux = 0$; b) $R_i = 10 \text{ M}\Omega$ între Hi şi Lo (pentru evidenţierea

curentului de intrare), valorile de afişat conform relaţiei (2) vor fi respectiv:

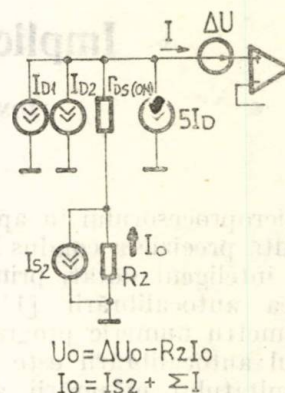


Fig. 6 Măsurare U_e

$$V_A^* = \frac{R_2 \cdot (IS_2 + \Sigma I) - R_1 \cdot (IS_1 + \Sigma I)}{R_2 \cdot (IS_2 + \Sigma I) - R_3 \cdot (IS_3 + \Sigma I) + Ue} \cdot k \quad (3)$$

$$V_A^I = \frac{R_2 \cdot (IS_2 + \Sigma I) - (R_1 + R_i)(IS_1 + \Sigma I)}{R_2 \cdot (IS_2 + \Sigma I) - R_3 \cdot (IS_3 + \Sigma I) + Ue} \cdot k \quad (4)$$

În cazul a) se urmăreşte ca $V_A^* = 0$ iar în cazul b) $V_A^I = \max. 100 \text{ pA}$. Condiţia necesară şi suficientă pentru prima cerinţă este $R_1 = R_2 = R_3$, $IS_1 = IS_2 = IS_3$ adică imperecherea la curenţi a tuturor tranzistoarelor — comutatoare.

Cu această condiţie şi $k = Ue$, $IS = ID = I_{rez}$ relaţia (4) devine:

$$V_A^I = - (R_1 + R_i) \cdot (I_b + 8I_{rez}) \quad (5)$$

Deci, pentru $R_i \gg R_1$ curentul de intrare va fi:

$$I_i = I_b + 8I_{rez} \quad (6)$$

În realitate, sursa de semnul fiind separată de punctul A (fig. 2) pe timpul a 2 cicluri, curentul are valoarea:

$$I_{intr} = IS_1 + 1/3 \cdot I_i = 4I_{rez}$$

pentru $I_b = I_{rez}$, ipoteză posibilă cînd amplificatorul de intrare este cu JFET-uri la intrare.

Pentru multimetrul numeric E-0309 la care $R_1 = R_2 = R_3 = 100 \text{ K}\Omega$, $T_1, \dots, T_7 = 2N4093 \text{ A}$, iar amplificatorul de intrare este un MAC 156 A, valorile derivatei zeroului şi curentului de intrare se stabilesc, după 1 oră de la pornire, sub $10 \text{ }\mu\text{V}$ şi respectiv 50 pA (fig. 7).

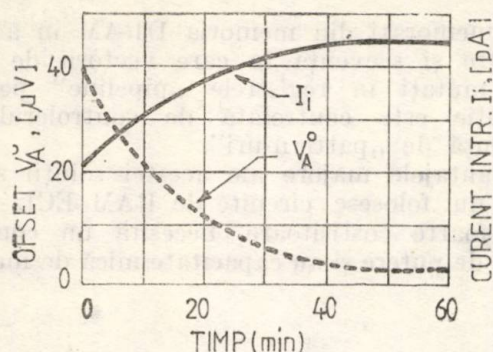


Fig. 7 Regimul tranzitoriu la E-0309

2 Concluzii

Îmbunătățirea stabilității preciziei pe termen lung, la instrumentația modernă de măsurare

este posibilă și prin folosirea autocalibrării, ale cărei implicații în proiectarea circuitelor analogice pot conduce la alterarea parametrilor de intrare. Comutatoare statice la care curenții reziduali sînt sub 10 pA permit, însă, unui voltmetru numeric de 4 1/2 cifre să-și păstreze curenții de intrare sub 100 pA și offsetul de tensiune sub 10 μV.

Bibliografie

- [1] B. M. Patrick, Digital Calibration Improves Reliability and Cuts Costs, Electronic Test Sept. 1984.
- [2] I. Constantinescu, ș. a., Autocalibrare și flexibilitate într-un multimetru digital de sistem, Sesiunea REP, Snagov, 1986.

CZ 681.387 : 681.335.13

VLSI
VECTORI DE TEST
RAM ECL
DRAM

Memorie de mare viteză și capacitate pentru vectorii de test folosită în tester de LSI

CORNELIU TRIȘCĂ — RUSU* — BUCUREȘTI

Introducere

Testarea funcțională dinamică a circuitelor complexe VLSI de astăzi necesită un mare număr de vectori de test care trebuie aplicați fără cicli morți și la viteza maximă permisă de dispozitivul testat; Dacă testerul nu dispune de o capacitate de memorare suficientă pentru memorarea tuturor vectorilor de test, memoria trebuie să fie reîncărcată, în timp ce DUT trebuie ținut în starea de funcționare. Timpul de reîncărcare a vectorilor de test este mult mai mare decât cel cerut de testarea funcțională dinamică. Pentru a preîntîmpina această penalizare severă de timp, toți vectorii de test trebuie să fie memorati în memorie la începutul procesului de testare. O capacitate mare a memoriei pentru vectori poate fi obținută prin combinarea a două buffere ECL de mare viteză cu RAM dinamic, ultimul avînd o densitate mult mai mare, preț scăzut și putere mai mică decât primul [1]. Astfel, în timp ce un buffer este în funcționare (execuție), următorul este reîncărcat cu următorul segment din RAM — ul dinamic. Cînd se adaugă bucle la subrutina de program de test, funcționarea fără cicli morți devine

mai dificilă. O altă variantă a acestei soluții este memorarea vectorilor cu acces aleator în memorii ECL de mare viteză și a vectorilor cu acces secvențial în memoria dinamică RAM de mare densitate și cost redus [2], [3]. Vectorii cu acces aleator sînt scoși din RAM-ul ECL pînă cînd un bloc de vectori cu acces secvențial sînt scoși de memoria dinamică RAM. Cea laltă alternativă este de a utiliza mai multe buffere ECL [4]. Dacă bucla depășește, dimensiunea unui buffer, un al treilea buffer este utilizat pentru a memora sfîrșitul buclei. Astfel încît întreaga buclă poate fi executată fără cicli morți. Toate variantele discutate mai sus utilizează memorii ECL de mare viteză și preț ridicat. Această lucrare descrie o nouă variantă (soluție) pentru implementarea unei memorii de mare viteză și mare densitate, fără a utiliza memorii RAM ECL

1 Proiectarea memoriei vectorilor de test

Implementarea memoriei pentru un canal este prezentată în figura 1 și constă din două plane de memorie MA și MB, patru registre temporare RA0, RA1, RB0, RB1 și un multiplexor.

Fiecare plan de memorie conține patru cipuri de memorie dinamică, care sînt conectate în modul de configurare „nibble”. Aceeași vectori de test sînt memorați în ambele plane de memorie.

În timp ce un program de test secvențial este rulat într-unul din planele de memorie, celălalt plan este reîmprospătat. După ce s-a reîmprospătat toată memoria vectorilor de test din planul MB, execuția programului trece din planul MA în MB și invers.

Registrele RA0, RA1, RB0 și RB1 sunt folosite pentru memorarea temporară a vectorilor de test. Secvența în care vectorii de test

sunt memorați din memoria DRAM în aceste registre și secvența în care vectorii de test sunt mutați în registrele „pipeline” pentru execuție este controlată de controlerul de secvență de „pattern-uri”.

Avantajele majore ale acestei soluții sunt:
— nu folosesc circuite de RAM ECL care sunt foarte costisitoare, necesită un consum mare de putere și au capacitate mică de memorare

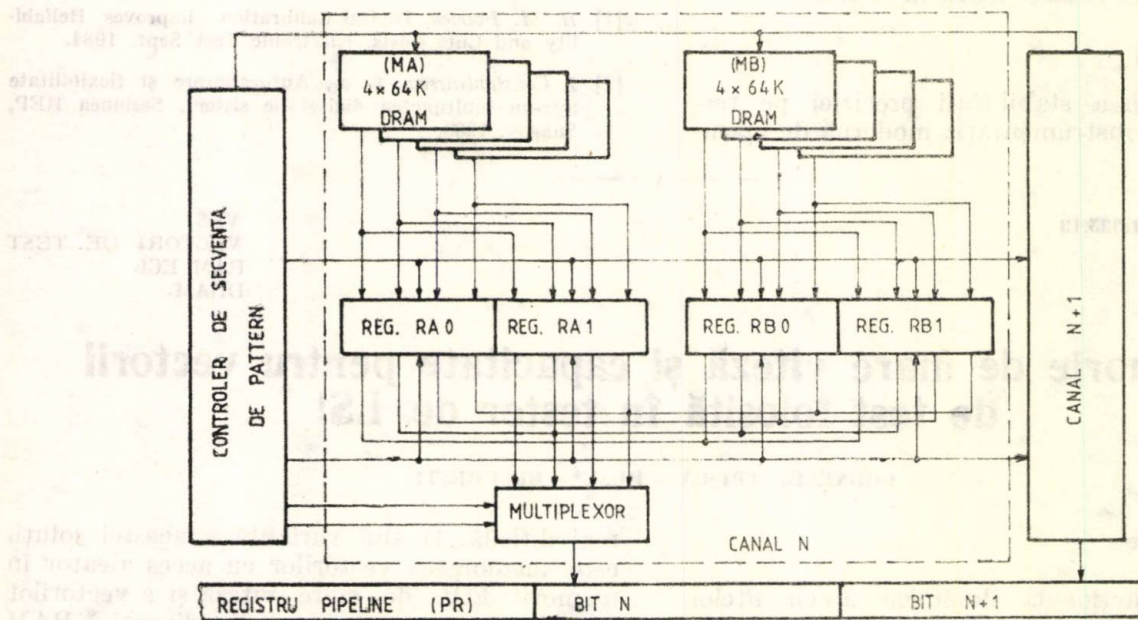


Fig. 1. Schema bloc a memoriei de mare viteză și capacitate pentru vectori de test.

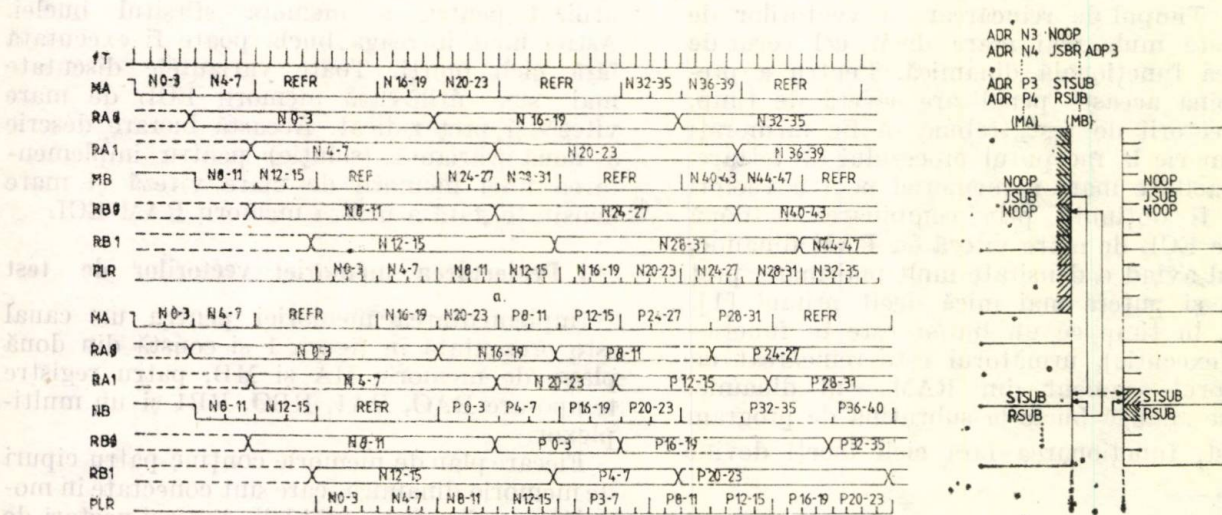


Fig. 2. Diagramele de timp pentru funcționarea memoriei vectorilor de test.

— permite extinderea ușoară a capacității de memorare utilizând actuala și următoarea generație de circuite DRAM de 256 K, 1 M, și 4 M.

— vectorii de test sînt obținuți la o viteză mare pentru că cele două plane de memorie lucrează în mod pagină.

2 Funcționarea memoriei vectorilor de test

Figura 2 prezintă diagramele de timp pentru funcționarea memoriei vectorilor de test.

Să presupunem că se execută un program de test secvențial în planul MA. Grupul de la adresele N0-3 este memorat în registrul RA0. La următorul ciclu de memorie, grupul de la adresele N4-7 este memorat în registrul RA1. La acest timp începe execuția programului de test. Cei patru vectori de test din registrul RA0 sînt trecuți unul cite unul în registrul pipeline (PR) pentru execuție. La sfîrșitul execuției vectorului de la adresa N3, grupul de la adresele N8-11 este memorat în registrul RA0 și vectorii din registrul RA1 sînt transferați unul cite unul în registrul PR pentru execuție.

După ce vectorul de la adresa N7 a fost executat, grupul de la adresele N12-15 este memorat în registrul RA1 și așa mai departe. Cînd cererea de reîmprospătare pentru planul MA sosește, execuția programului este mutată în planul MB. Vectorii de test memorați în registrele RB0 și RB1 sînt mutați în registrul PR pentru execuția în mod similar cu cea din planul MA. În acest fel programul de test este executat fără ciclu mort și ambele plane de memorare sînt reîmprospătate (fig. 2.a).

Pentru execuția unui program de test secvențial, ambele plane de memorare sînt accesate simultan. Detectarea unui program de

test nesecvențial se face cu doi cicli înaintea execuției vectorilor de test. Circuitul de detecție, detectează cînd și unde se face saltul și pregătește vectorii de test în registrul temporar pentru execuția fără ciclu mort.

Să presupunem că un program de test secvențial rulează în planul MA (fig. 2.c.). Grupul de la adresele N0-3 este memorat în RA0 și grupul de la adresele N4-7 este memorat în registrul RA1. Cînd grupul N4-7 este accesat, circuitul de detecție detectează un salt la adresa P3. În acest moment memoria MB este selectată o singură dată de grupul de la adresele P0-3 și P4-7. Acest grup este memorat în registrele RA0, RA1, RB0 și RB1 (fig. 2.b.). Conținuturile registrelor RA0, RA1, RB0 și RB1 sînt transferate în registrul PR și executate fără ciclu mort.

Execuția programului continuă în planul de memorie MA.

3 Concluzii

Utilizînd cipuri de DRAM de $64K \times 1$ capacitatea memoriei vectorilor de test atinge 256 K. Vectorii de test sînt extrași cu o rată de 20 MHz fără multiplexare.

Se estimează că puterea sursei de alimentare și costul acestei implementări este mai puțin de jumătate decît soluția descrisă în [4].

Bibliografie

- [1] G.C. Gillette, „Tester takes on VLSI with 264-k vectors behind its pins”, Electronics, November 3, 1981
- [2] R. Albrow, „Test pattern compaction in VLSI testers”, International Test Conference, 1983.
- [3] R. Garcia, „VLSI chip tester speaks two high-level languages”, Electronic Design, February 9, 1984.
- [4] S. Ladd, „Implementing a Self-Managed Test Vector Memory with One Million Elements”, Int. Test Conf., 1983

CZ 621-382.23 : 535.1

TIRISTOR RAPID
IRADIERE CU ELECTRONI

Procedeu de realizare a tiristoarelor rapide de mare putere

VIOREL BANU*, ELENA ILIESCU**, ANASTASE NICULESCU**

Introducere

Realizarea unor tiristoare rapide cu performanțe ridicate reprezintă o problemă dificilă pentru fabricantul de dispozitive de mare putere. Valorile impuse parametrilor electrice ai acestor dispozitive au tendințe adesea contradictorii: curent de conducție ridicat, tensiune înaltă de blocare, timp de comutare cit mai redus, viteză mare de creștere a tensiunii reaplicate la ieșirea din conducție.

1 Scurta analiză a procedeelelor de rapidizare cunoscute

Se cunosc mai multe procedee de rapidizare a dispozitivelor semiconductoare. Larg utilizată este difuzia de Au. Rezultatele obținute prin acest procedeu sînt însă greu controlabile. Aurul difuzează atît substituțional cit și interstițial. Numai atomii de Au încorporați substituțional în rețeaua cristalină acționează practic ca centri de recombinare. Atomii plasați interstițial contribuie doar la creșterea puternică a curenților reziduali la cald, efect firește nedorit. Atomii de Au interstițiali au în plus tendința de a precipita în zonele cu

* Întreprinderea de Piese Radio și Semiconductoare — Băneasa

** Institutul pentru Fizica și Tehnologia Aparatelor cu Radiații — Măgurele.

dizlocații putînd degrada catastrofă capabilitatea de blocare a dispozitivului.

O altă metodă o constituie iradierea cu neutroni. Este însă practic greu de aplicat în cazul dispozitivelor de mare putere, datorită timpului mare necesar pentru dezactivarea radioactivă a dispozitivelor supuse iradierii. Sînt necesare în plus tratamente termice ulterioare. În acest fel prin creșterea exagerată a intervalului dintre momentul iradierii și sesizarea efectului, procesul devine dificil de condus.

Comparativ cu procedeele deja menționate, iradierea cu electroni prezintă o serie de avantaje: a) procesul este de scurtă durată; b) iradierea se face pe dispozitive finite, caracterizabile electric, ceea ce face ca procesul să poată fi reglat cu ușurință; c) nu necesită timp de dezactivare; d) asigură menținerea la nivel scăzut a curenților reziduali; e) procesul se poate realiza pe instalații ce pot fi achiziționate de întreprindere; f) procesul asigură un înalt grad de reproductibilitate pe loturi de fabricație.

Iradierea cu electroni prezintă totuși dezavantajul unei creșteri mai pronunțate a pierderilor în conducție (V_T). Acest neajuns poate fi parțial înlăturat prin tratamente termice de lungă durată care conduc la scăderea V_T dar și la creșterea timpului de comutare în blocare (t_q).

2 Descrierea procedurii; rezultate experimentale

Procedul prezentat în continuare elimină dezavantajul creșterii mai accentuate a pierderilor în conducție pe care-l prezintă iradierea cu electroni clasică, păstrîndu-i nealterate avantajele. Pentru evitarea creșterii excesive a V_T fără a fi necesară introducerea în proces a unor tratamente termice de lungă durată, se aplică două artificii tehnologice simple, dar eficiente:

a) Iradierea se face la cald, la o temperatură de 250–300°C, pe o simplă plită termostatăă. Se obține pe această cale un câștig de 200 mV la V_T , în raport cu iradierea la temperatura camerei, pentru același timp de viață al purtătorilor minoritari.

b) Iradierea se face selectiv pe suprafața catodului cu ajutorul unor măști metalice din OL-37 (fig. 1). Este expusă astfel numai 30% din aria de conducție la o doză de circa $1,5 \times 10^6$ rad. Ulterior iradierii selective se face o expunere pe întreaga suprafață la o doză de circa 5×10^5 rad (fig. 2). Se mai câștigă astfel încă circa 300 mV. Rezultatele obținute sînt sintetizate în tabelul 1.

Condițiile de măsură sînt următoarele: 1) V_{DRM} , V_{RRM} : $T=125^\circ\text{C}$, I_{DRM} , $I_{RRM}=90$ mA; 2) dv/dt : $T=125^\circ\text{C}$; 3) V_T : $I_T=1,2$ kA,

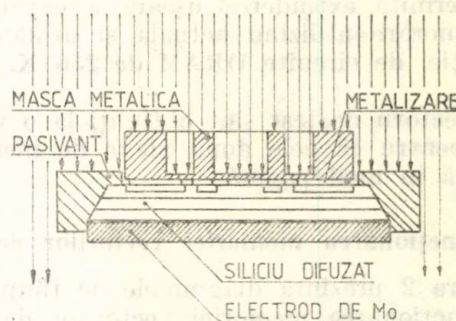


fig. 1. — Iradierea selectivă prin mască metalică a structurii de tiristor.

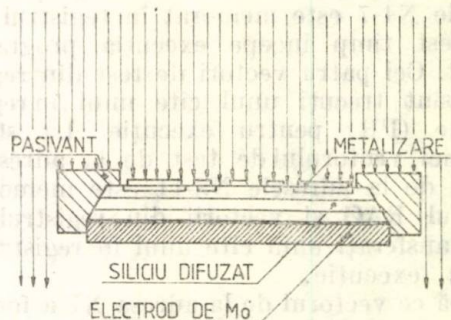


fig. 2. — Iradierea neselectivă a structurii de tiristor.

Tabelul 1

V_{RRM}/V_{DRM} (V)		dv/dt (μs)		V_T (V)		t_q (μs)	
INIT.	FIN.	INIT.	FIN.	INIT.	FIN.	INIT.	FIN.
1400	1600	400	1000	1,1	1,71	400	20
1300	1650	400	1000	1,21	1,81	400	21
1250	1500	400	1000	1,11	1,73	400	20
1500	1650	1000	1000	1,14	1,69	400	27
1500	1600	400	1000	1,13	1,69	400	23
1500	1700	400	1000	1,17	1,68	400	19

$T=125^\circ\text{C}$; 4) t_q : $V_D=975$ V, $I_T=800$ A, $dv/dt=400$ V/ μs , $T=125^\circ\text{C}$.

Valorile din tabel trebuie comparate cu valorile limită admise: V_{DRM} , $V_{RRM}=\text{max. } 1300$ V; $dv/dt=400$ V/ μs ; $V_T=1,9$ V; $t_q=30$ μs . Prin iradierea clasică cu electroni se obțin valori tipice ale $V_T=2,2$ V.

3 Concluzii și comentarii

Procedul descris permite realizarea unor tiristoare rapide de 600 A, cu parametrii electrici g. eu de atins prin alte metode. Se observă că în raport cu valorile inițiale, o serie de parametri se îmbunătățesc (V_R , V_D , dv/dt). Creșterea capabilității de blocare este pusă pe seama a două mecanisme. Pe de o parte îmbunătățirea calității pasivării prin reacția suplimentară de polimerizare care are loc la inter-

fața Si-cauciuc silconic de pasivare, sub influența radiației ionizante. Pe de altă parte, se evită pericolul de pătrundere în regiunea bizonurilor, unde regiunea de sarcină spațială este distorsionată. Reducerea pericolului de pătrundere se face prin scăderea drastică a lungimii de difuzie a purtătorilor minoritari din baza tranzistorului PNP echivalent. Îmbunătățirea capacității în dv/dt se realizează prin micșorarea factorului de transport în baza tranzistorului NPN echivalent, ca urmare a micșorării timpului de viață. În concluzie prin procedeul prezentat se pot obține tiristoare rapide de mare putere cu performanțe ridicate, într-un mod reproductibil și controlabil. Procedeul

este aplicabil și diodelor de mare putere, sau poate folosi la îmbunătățirea capacității de blocare la tiristoare.

Bibliografie

- [1] A. S. Grove, Fizica și tehnologia dispozitivelor semiconductor.
- [2] Ghandhi Sorab — Semiconductor Power Devices.
- [3] P. Rai — Choudhury et al — IEEE Trans. Electron Devices, ED-23, No 8, pp. 814—818 (1976).
- [4] A. O. Ewaraye and B. J. Baliga — J. Electrochem. Soc., 124, No 6, pp. 913—916 (1977).

CZ 621.3.032 : 548

GETTER
DEFECTE CRISTALOGRAFICE
EPITAXIE

Efecte ale getterării extrinseci asupra precipitării oxigenului în plachete de siliciu epitaxiale

ADRIAN VERON, MIHAELA RĂDULESCU, ADRIAN OANEA* — BUCUREȘTI

Introducere

Getterarea extrinsecă este relativ dificil de aplicat în realizarea circuitelor integrate bipolare datorită numeroaselor procese la temperaturi ridicate [1]. Recent s-a arătat că precipitarea oxigenului în siliciu CZ este accentuată în prezența unor straturi de getter extrinsec depuse pe spatele plachetelor [2]. În lucrare sunt prezentate rezultatele unui studiu de cuplare a celor două tehnici de getterare în fazele inițiale ale procesului bipolar standard, în scopul reducerii densității defectelor din stratul epitaxial și implicit creșterii randamentelor de fabricație.

1 Procedura experimentală

S-au utilizat plachete de siliciu CZ cu diametrul 3", grosime 400 μm , dopate cu bor, orientare (111), lustruite mecano-chimic pe fața activă și corodate chimic pe spate, având un conținut inițial de oxigen interstițial de $8-9 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$. Au fost analizate două tehnici de getterare extrinsecă: depunerea pe spatele plachetelor a unui strat de polisiliciu (2 μm) respectiv a unor straturi polisiliciu (2 μm)/ Si_3N_4 (2000 Å).

Plachete cu și fără stratul de getter extrinsec au fost procesate prin secvența de operații indicată în figura 1. Înainte de epitaxie au

fost inserate tratamente de precipitare controlată a oxigenului, constând din două etape distincte [3]: (i) nucleerea precipitatelor la 700°C în atmosferă de N_2 , cu durate între 0 și

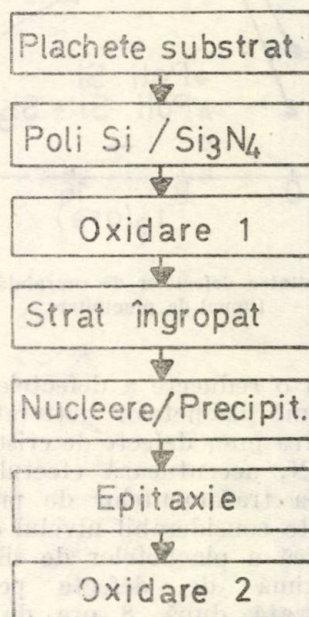


Fig. 1. Secvența de operații din faza inițială a procesului bipolar standard.

24 ore; (ii) dezvoltarea precipitatelor la 1050°C în atmosferă de $\text{N}_2 - 10\% \text{ O}_2$, cu durate între 0 și 24 ore. Eficiența procedeelor de getterare

investigate a fost evaluată prin măsurarea la microscopul optic a densităţii medii a defectelor cristalografice induse în stratul epitaxial, respectiv în volumul plachetelor. Defectele au fost revelate cu soluţia Wright timp de 1 min după îndepărtarea oxidului 2, respectiv după corodarea chimică a circa 100 μm de siliciu cu soluţia de lustruire CP4-A. Densitatea superficială a defectelor a fost măsurată în 10 puncte uniform distribuite pe fiecare plachetă de siliciu revelată.

2 Rezultate experimentale

Defectele dominante identificate pe suprafaţa stratului epitaxial au fost de tip „S-pits” [4]. Densitatea medie a acestor defecte este indicată în figura 2 în funcţie de timpul de precipitare la 1050°C, iar în figurile 4 şi 5, în funcţie de timpul de nucleere la 700°C. În volumul plachetelor au fost observate urmele precipitatelor SiO_x şi defecte de impachetare. Densitatea defectelor de volum corespunzătoare datelor din figura 2 este indicată în figura 3.

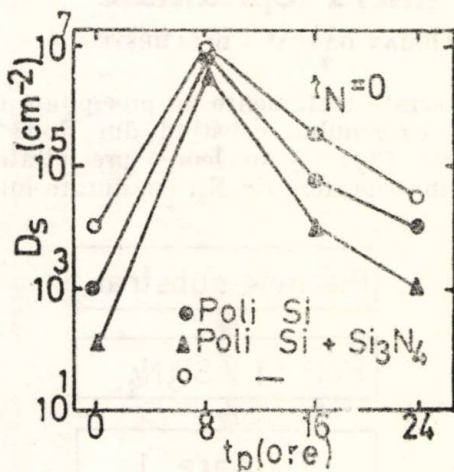


Fig. 2. Densitatea defectelor de suprafață în funcție de timpul de precipitare

Se constată o reducere a defectelor de suprafață în cazul plachetelor getterate extrinsec fără inducerea unor defecte de cristal în volum. Stratul Si_3N_4 accentuează efectul de getter.

Adăugarea tratamentelor de precipitare la 1050°C crește considerabil nivelul de contaminare metalică a plachetelor de siliciu. Densitatea maximă de defecte pe suprafață este observată după 8 ore de tratament, timp insuficient pentru generarea defectelor de volum chiar în prezența straturilor de getter extrinsec. Odată cu mărirea timpului de precipitare la 16, respectiv 24 ore crește apreciabil densitatea defectelor de volum (fig. 3), ceea ce duce la scăderea densității celor de suprafață (fig. 2). Efectul este mai pronun-

țat în cazul plachetelor getterate extrinsec. Adăugarea tratamentului de nucleere intensifică efectul de getter intrinsec la timp de precipitare mari prin creșterea densității defectelor de volum.

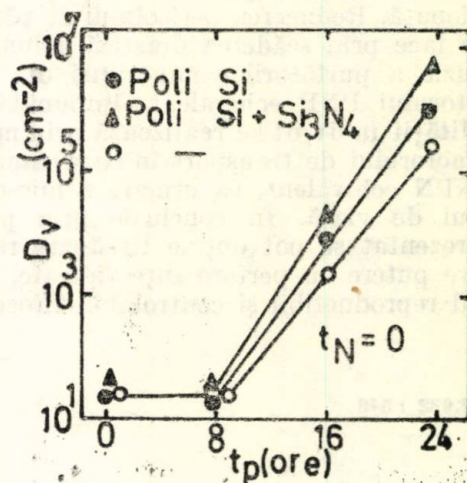


Fig. 3. Densitatea defectelor de volum în funcție de timpul de precipitare.

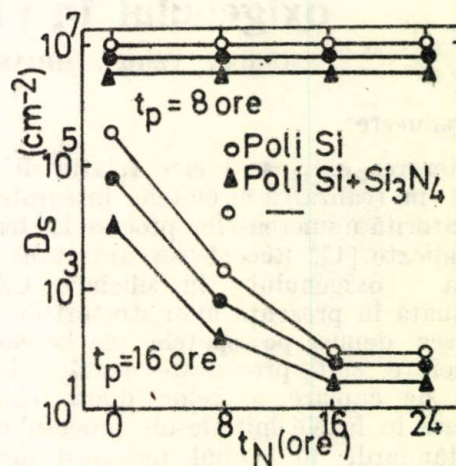


Fig. 4. Densitatea defectelor de suprafață în funcție de timpul de nucleere pentru $t_p = 8$ ore și 16 ore.

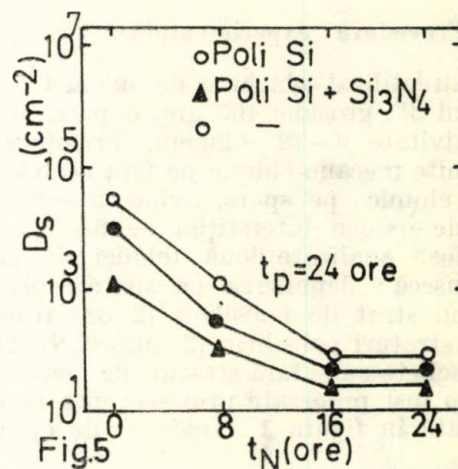


Fig. 5. Densitatea defectelor de suprafață în funcție de timpul de nucleere pentru $t_p = 24$ ore.

Plachetele analizate au prezentat o distribuție radială neuniformă a oxigenului interstițial, concentrația acestuia fiind de regulă mai ridicată în centrul plachetelor. Ca urmare odată cu creșterea timpului de nucleere — precipitare zona lipsită de defecte de suprafață s-a extins spre marginea plachetelor, urmărind distribuția „în vîrtej” a defectelor de volum.

3 Concluzii

Obținerea unor straturi epitaxiale cu o densitate scăzută de defecte, în condițiile de proces analizate, este posibilă fie prin depunerea unor straturi de getter extrinsec pe spatele plachetelor, fie prin precipitarea îndelungată a oxigenului interstițial în volumul acestora. Tratamentele de nucleere-creștere induc o contaminare metalică suplimentară, care poate fi contracarată numai la timp de precipitare

mari. Adăugarea stratului de polisiliciu și mai ales a celui de nitrură crește apreciabil eficiența getterării intrinseci. În cristalele de siliciu studiate, datorită distribuției radiale neuniforme a oxigenului interstițial efectele de getterare intrinsecă au fost diminuate apreciabil în zonele de margine ale plachetelor.

Bibliografie

- [1] A. Veron, ș. a., *Lucrările CAS*, p. 131, 1987.
- [2] J. W. Medernach, ș. a., *Semiconductor Silicon 1986*, Electrochem. Soc., p. 915, 1986.
- [3] A. Veron, *Extended Abstracts*, Electrochem. Soc. Meeting, Atlanta, Georgia 1988, p. 279, 1988.
- [4] K. Graff, *Semiconductor Silicon 1986*, Electrochem. Soc., p. 751, 1986.

CZ 621.316.54

MICROPROCESOR
INVERSOR EID
POARTĂ DE POLISILICIU

Tehnologie NMOS pentru microprocesorul NMN 80

MIHAI DINALE, **SERBAN JELEA**, RADU BARSAN, CRISTIAN GINGU, RADU MARINESCU,
LIVIU CONDRIU, CORNEL COBIANU — BUCUREȘTI

Introducere

Tehnologia de realizare a microprocesorului MMN 80 face parte din familia tehnologiilor NMOS „enhancement-depletion” în care s-au procesat majoritatea memoriilor statice și microprocesoarelor devenite circuite standard industrial în deceniul opt.

Caracteristicile generale sînt: izolare prin tehnica oxidării locale, poartă de polisiliciu, controlul tensiunilor de prag ale tranzistoarelor E/D prin implantare de ioni. Caracteristicile specifice sînt: sursa/drena realizate prin implantare de arsen, prezența contactului direct între polisiliciu și zonele N⁺, linii minime de 6 μm și contacte minime de 4 μm.

1 Fluxul tehnologic

Fluxul tehnologic comportă opt etape de fotogravură: M1 — Si₃N₄ (zone active), M2 — implantare depletion, M3 — contacte directe, M4 — polisiliciu, M5-contacte mari, M6-contacte mici, M7-metal, M8-paduri.

Gravurile straturilor de nitrură și polisiliciu au fost efectuate într-o instalație de plasmă planară, obținîndu-se supracorodări ale traseelor de 0.3 respectiv 0.6 microni. De

remarcat că aceste gravuri definesc dimensiunile tranzistorului MOS (lățimea respectiv lungimea). O problemă dificilă a fost definirea contactelor, datorită existenței a două straturi (oxid CVD dopat cu fosfor 11% și SiO₂ termic), cu rate de corodare diferite (6 : 1). S-a ales soluția folosirii a două măști de contacte: M5 contact minim 5 μm cu gravură în oxid termic (HF : NH₄F 1 : 10) și M6 (contact minim 4 μm) cu gravură în oxid CVD dopat cu fosfor 11% (HF : NH₄F 1 : 6.4). Folosind tehnica LOCOS pentru izolare, apare fenomenul de îngustare a zonei active datorită „cicului de pasăre”; pentru setul de parametri de procesare ales s-a obținut o lungime a cicului de pasăre de 0.75 μm. Fenomenul de subțiere a oxidului MOS la periferia zonelor active a necesitat introducerea etapei oxidării de sacrificiu: creșterea unui oxid subțire înaintea oxidării MOS urmată de îndepărtarea acestuia și reoxidare MOS. Depunerea finală de fosfor urmată de tratamentul termic îndeplinește pe lângă funcția de getterare și pe cea de plusare a dopării în zonele de contact între metalizare și difuzia N⁺, pentru a evita scurtcircuitarea joncțiunii N⁺/substrat prin spike-uri de metal. Tratamentul termic final (1050°C, N₂) mai are și rolul de a activa electric impuritățile implantate la fazele de implantare E/D. Tratamentul termic care urmează

după depunerea de oxid CVD cu concentrația 11% fosfor, are ca efect curgerea acestuia și micșorarea denivelărilor peste care trece metalizarea. Realizarea surselor/drenelor tranzistoarelor s-a încercat prin trei metode: implantare As/SiO₂ oxidul MOS), implantare As/Si îndepărtarea oxidului MOS înainte de implantare) și difuzie de fosfor. O secțiune prin inversorul E/D folosit în această tehnologie este prezentată în figura 1.

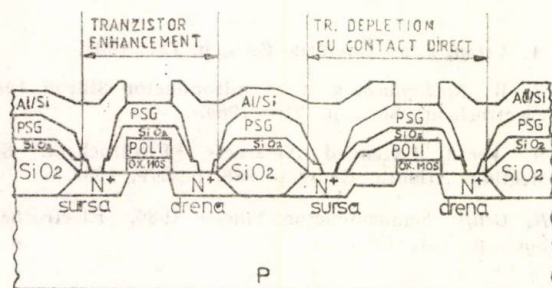


Figura 1

Fig. 1. Secțiune transversală printr-un inversor „enhancement – depletion”

Măsurători electrice pe cipul test

Pentru caracterizarea tehnologică s-a folosit un cip test dedicat acestei tehnologii (MMN 678) pe care s-au efectuat măsurători de curenți reziduali, de curenți ai tranzistoarelor depletion, hărți de praguri pentru tranzistorul enhancement și hărți de rezistențe de difuzie și polisiliciu. Rezultatele acestor măsurători, împreună cu valorile măsurate ale adâncimii de joncțiune sunt sintetizate în tabelul de mai jos, pentru cele trei variante tehnologice de realizare a sursei/drenei tranzistoarelor.

Se observă o bună uniformitate a valorilor rezistențelor difuzate și o dispersie relativ mare pentru rezistențele din polisiliciu. Aceasta dovedește pe de o parte uniformitatea dopării la faza de sursă/drenă și pe de altă parte neuniformitatea de grosime a stratului de polisiliciu.

În figurile 2 și 3 sunt date graficele dependenței curentului rezidual funcție de tensiunea inversă, pentru o joncțiune N⁺/substrat realizată în trei variante tehnologice. Măsurătorile au fost efectuate pe o diodă de perimetru mare (3690 μm). Joncțiunile realizate cu fosfor (fig. 2) — POCl₃, 900°C — au fost difuzate la 900°C în atmosferă de vapori. Joncțiunile realizate prin implantare

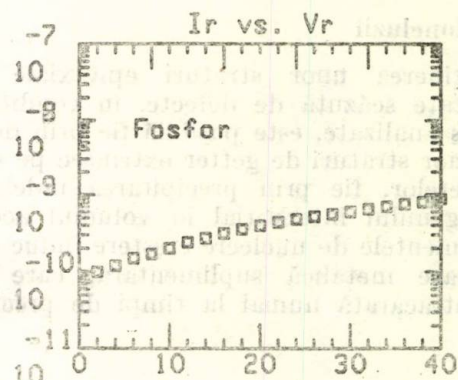


Fig. 2 Curentul rezidual al joncțiunii N⁺/substrat realizată prin difuzie de fosfor

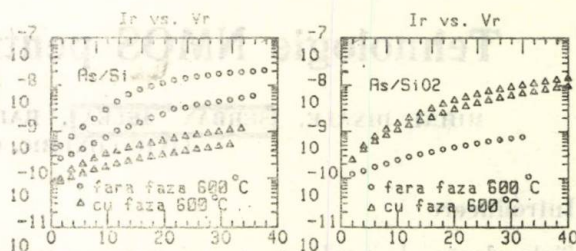


Fig. 3. Curentul rezidual al joncțiunii N⁺/substrat realizată prin implantare de arsen.

de arsen au suferit două tipuri de tratamente termice: difuzie pe vapori la 1000°C precedată sau nu de un tratament în azot la 600°C (figura 3).

Din măsurătorile de adâncime de joncțiune, de rezistență pe patrat și de curenți reziduali, rezultă că metoda optimă de realizare a sursei/drenei este implantarea de arsen prin oxi-

Metoda de dopare	Parametri UM	R_{diff}	R_{poli}	V_T	I_D	X_j
		$\Omega/\square$	$\Omega/\square$	V	μA	μm
As/SiO ₂		17–19	33–54	0.60–0.95	115–130	0,70
As/Si		16–20	37–68	0.65–0.95	112–128	0,70
P		17–19	33–100	0.70–0.75	105–119	1,30
Condiții de măsură		$I = 1mA$	$i = 1mA$	$V_{DS} = V_{GS}$ $W/L = 50/6$ $I_D = 1\mu A$	$V_{DS} = SV$ $W/L = 50/6$ $V_{GS} = OV$	BIZOT

dul de poartă (700 Å), care conduce la valori minime pentru adâncimea de joncțiune și curentul rezidual.

3 Concluzii

Este prezentată tehnologia de realizare a microprocesorului MMN 80. Sînt discutate

procesele mai importante din compunerea fluxului tehnologic, problemele specifice acestei tehnologii și sînt prezentate măsurători ale parametrilor electrici pe cipul test MMN 678.

CZ 621.385.2

DISPOZITIVE SEMICONDUCTOARE DE PROTECȚIE
DIODĂ SUPRESOARE

Soluție constructivă pentru realizarea diodelor supresoare de medie putere

EUGEN POPA, AUGUSTIN STAN, MARIAN UDREA, ANCA NICHITA* — BUCUREȘTI

Introducere

Pentru protecția echipamentului electric de pe autovehicule este necesară o diodă supresoare capabilă să limiteze tensiunea la maxim 40 V pe intervalul de timp în care prin ea se descarcă energia electromagnetică a alternatorului. În aceste condiții, puterea disipată pe dioda polarizată invers în regim de străpungere poate ajunge la 3...5 kW, iar valoarea maximă a curentului poate atinge 150 A [1].

Lucrarea prezintă performanțele și limitările unei soluții constructive care folosește structuri mesa dublu difuzate (siliciu tip P, $C_B = 9,7 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$... $1,4 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$, $V_{ZT} = 27 \text{ V}$) în capsulă de plastic „buton” [1].

1 Investigarea modului de defectare

Pentru caracterizarea diodelor în regim de suprasarcină s-a utilizat un circuit care descarcă o baterie de condensatori prin dispozitivul încercat. Puterea instantanee disipată în diodă a fost aproximată prin: $p(t) = P_m e^{-t/\tau}$. Energia disipată este: $W = P_m \tau$, unde P_m și s-au determinat din caracteristica $p(t)$ calculată din caracteristicile vizualizate $i(t)$ și $v(t)$ [1].

S-a constatat că defectarea diodei se produce la 2...5 ms de la aplicarea suprasarcinii (moment evidențiat prin scăderea bruscă a tensiunii pe dispozitiv) și constă în apariția unei zone în care siliciul s-a topit.

Analiza procesului de defectare a urmărit evidențierea factorilor care pot duce la creșterea numărului de diode care rezistă la energii disipate de 30...35 J pentru $\tau = 7..8 \text{ ms}$ și a acoperirii cu care este garantată această limită.

Pentru $W = 35 \text{ J}$, $\tau = 7,8 \text{ ms}$ s-a calculat variația în timp a temperaturii joncțiunii T_j ,

(fig. 1). Pentru impedanța termică tranzitorie $Z_{th}(t)$, dificil de măsurat la timpuri atât de mici, s-au folosit valori calculate pentru o rețea RC în care structura, aliajul, repartito-

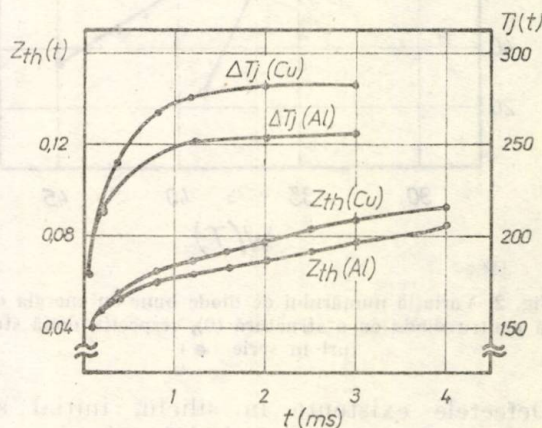


Fig. 1. Valori calculate ale $Z_{th}(t)$ și $T_j(t)$

rul, ambaza de Cu au fost simulate prin rezistența și capacitatea termică. Parametrii de material pentru siliciu (K — conductivitate termică și C_p — căldura specifică) au fost considerați ca funcții dependente de temperatură. Temperatura maximă a joncțiunii este atinsă la 3 ms și este de cca 310°C, valoare care se corelează excelent cu temperatura la care caracteristica de stabilizare la curenti mici (max. 50 mA) se transformă într-o caracteristică tensiune mică/curent mare.

Procesul de distrugere este declanșat de purtătorii generați termic ($4 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ la 300°C) care multiplicați de câmpul din zona de avalanșă determină apariția unor curenti de difuzie în regiunea de „sarcină spațială” distribuția câmpului electric în regiunea de sarcină spațială se modifică în sensul instabilității diodei.

* Întreprinderea de Piese Radio și Semiconductori — Băneasa

2 Efectul varierii unor parametri constructivi

Diodele cu structuri cu diametrul de 5 mm se defectează între 20...26 J pentru $\tau = 7$ ms. Pentru diodele cu structuri cu diametrul de 6 mm primele defecte apar peste 30 J (fig. 2). Raportul ariilor este practic egal, așa cum era de așteptat, cu raportul energiilor la care apar primele defecte.

Înscrîerea în aceeași capsulă a două structuri de tensiune mai mică nu modifică semnificativ randamentele pentru $W = 30...35$ J, dar crește acoperirea cu care este asigurată energia pe care o poate disipa dioda (fig. 2).

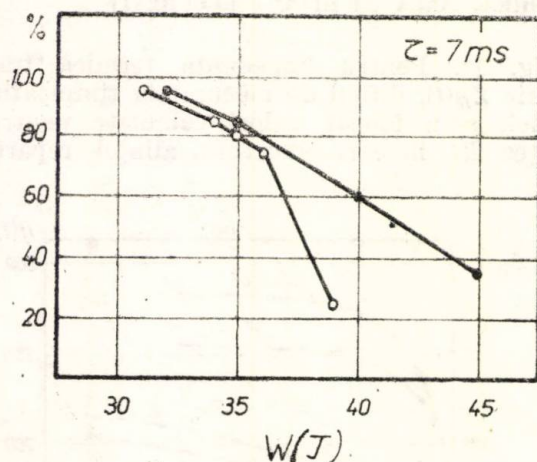


Fig. 2. Variația numărului de diode bune cu energia disipată pentru dioda cu o structură (○), respectiv două structuri în serie (●)

Defectele existente în siliciu, inițial sau introduse de procesare, și defectele de pasivare care duc la degradarea caracteristicii diodei invers polarizate în regiunea de blocare au o pondere neînsemnată între cauzele defectării la suprasarcină pentru $W = 35$ J, $\tau = 7$ ms (fig. 3).

Înlocuirea repartitorilor de Cu, grosime 0,7 mm cu repartitori de Al grosime 2,1 mm ar putea să ducă la îmbunătățirea comportării diodei la suprasarcină.

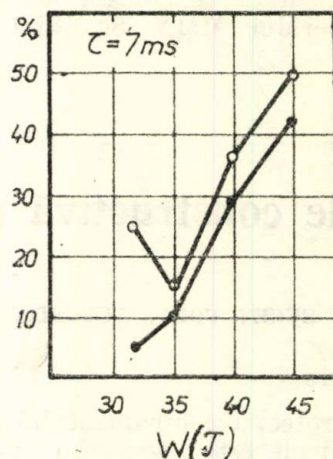


Fig. 3. Variația numărului de defecte cu energia disipată pentru dioda cu (○) și fără (●) defecte ale caracteristici de blocare

4 Concluzii

Lucrarea propune o soluție constructivă pentru diode supresoare destinate aplicațiilor auto. Energia maximă pe care o poate disipa dioda este determinată de încălzirea structurii la temperatura la care purtătorii generați termic pot altera distribuția câmpului electric în sensul instabilizării diodei. Sînt analizate modalități de reducere a încălzirii structurii.

Bibliografie

- [1] *** Motorola Inc., Rectifiers and Zener Diodes Data, p. 261, 1984.
- [2] H.M. Olson, I.E.E.E. Tran. on El. Dev., ED-23, No 6, p. 194, 1976.
- [3] K. Hane, T. Suzuki, Japanese Journal of Applied Physics 17, No 5, p. 857, 1978.

Z 621.385 : 537.312.6

FOTODIODĂ CU AVALANȘĂ
RĂSPUNS SPECTRAL
TEMPERATURĂ

Efectele temperaturii asupra răspunsului fotodiodei cu avalanșă și posibilități de compensare a lor

ELENA BUDIANU*, MIRA CĂLDĂRARU*, MUNIZER PURICA*, MARTIAN DIMA**

Introducere

Utilizarea fotodiodei cu avalanșă ca detector sensibil și rapid a unor semnale slabe într-un domeniu larg de temperaturi impune menținerea constantă a răspunsului acesteia când temperatura se modifică.

În lucrare se analizează dependența de temperatură a răspunsului fotodiodelor cu avalanșă în domeniul ($-40 \dots +100^\circ\text{C}$) și se prezintă metoda de compensare a efectelor temperaturii prin utilizarea unei diode de referință cu tensiunea de străpungere în avalanșă egală cu cea a fotodiodei.

1 Parametri specifici fotodiodelor cu avalanșă dependenți de temperatură

Principalii parametri ai fotodiodelor cu avalanșă dependenți de temperatură sunt responsivitatea și tensiunea de străpungere. Dependența de temperatură a responsivității $R = qM\eta\lambda/hc$ este determinată de modul de variație a factorului de multiplicare, M și a eficienței cuantice, η .

Eficiența cuantică η depinde de temperatură numai prin intermediul coeficientului de absorbție a radiației, α , deoarece fotodiodele cu avalanșă lucrează în regim de golire totală și pentru răspuns este importantă numai componenta de drift: $\eta = e^{-\alpha x_j}(1 - e^{-\alpha w})$; x_j = adâncimea joncțiunii n^+p ; w = grosimea regiunii golite. Dependența de temperatură a lui α este de forma: $\alpha(\lambda, T) = A(T) [h\nu - E_g(T)]^2$. Ținând seama de $A(T)$ și $E_g(T)$ [1] rezultă că α crește cu temperatura dar în mod diferit în funcție de λ . În zona de prag, α are o creștere pronunțată cu temperatura în timp ce la $0,8-0,9 \mu\text{m}$ creșterea lui practic nu afectează eficiența cuantică [2].

Factorul de multiplicare, M se exprimă în funcție de coeficienții de ionizare ai electrozilor α_n și golurilor α_p care depind exponențial de temperatură [3]:

$$M = \frac{\alpha \int_0^w e^{-\alpha x} e^{-\int_0^x (\alpha_n - \alpha_p) dx'} dx}{\left[1 - \int_0^w \alpha e^{-\int_0^x (\alpha_n - \alpha_p) dx'} dx \right] (1 - e^{-\alpha w})}$$

* Centrul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru componente Electronice — București

** Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Automatizări — București.

$$\alpha_n(T) = 6,5 \times 10^5 \exp - (1,06 \times 10^6 + 1,3 \times 10^3 \times T^\circ\text{C})/E$$

$$\alpha_p(T) = 2 \times 10^6 \exp - (1,95 \times 10^6 + 1,1 \times 10^3 \times T^\circ\text{C})/E$$

Scăderea exponențială a coeficienților de ionizare cu temperatura determină scăderea puternică a lui M (de la 100 la 22 prin creșterea temperaturii de la 20°C la 60°C). Componentele cîmpului E , în zona de multiplicare sînt E_{RT} și E_a , independente și aditive: $E = E_{RT} + E_a$. E_{RT} este cîmpul la polarizarea corespunzătoare golirii stratului P a structurii $N^+P\pi P^+$ și depinde numai de distribuția de impurități în acest strat. $E_a = qNaW/\varepsilon + \Delta V/W$ — depinde de concentrația de impurități (N_a) din stratul de grosime W a regiunii de drift și de creștere (ΔV) a tensiunii peste cea corespunzătoare golirii complete. Fotodiodele funcționînd la tensiuni mai mari decît tensiunea de golire totală, termenul $\Delta V/W$ permite creșterea cîmpului în regiunea de avalanșă cînd temperatura crește. Cresc coeficienții de ionizare și se compensează astfel scăderea factorului M cu temperatura. Se definește coeficientul de temperatură al tensiunii pentru M constant și tensiuni mai mari decît cea de golire totală (V_{GT}), $K_{TM} = \frac{\Delta V}{\Delta T} / M = \text{ct.}$ Vari-

ția responsivității cu temperatura se poate scrie: $\frac{dR}{dT} = \left(\eta \frac{dM}{dT} + M \frac{d\eta}{dT} \right) \frac{\lambda}{1240} \text{ La } \lambda = 0,9 \mu\text{m}, \frac{d\eta}{dT} \approx 0$ și responsivitatea va ur-

mări dependența de temperatură a factorului de multiplicare. Coeficientul de variație cu temperatură a tensiunii pentru menținerea constantă a responsivității, $K_{TR} = \frac{\Delta V}{\Delta T} / R = \text{ct.}$, va coincide cu $K_{TM} \cdot K_{TR} = K_{TM} / \lambda = 0,9 \mu\text{m}$. La $\lambda = 1,06 \mu\text{m}$, $\left| \frac{dM}{dT} \right| > \frac{d\eta}{dT}$ încît responsivitatea va urmări de asemenea variația lui M cu temperatura, întrucît $\frac{\Delta \eta}{\eta \Delta T} \leq 1\%/^\circ\text{C}$.

Tensiunea de străpungere fiind tensiunea la care $M \rightarrow \infty$, coeficientul de temperatură

al tensiunii de străpungere $K_{iB} = \frac{\Delta V_B}{\Delta t} / I_R = \text{ct.}$
este egal cu K_{iM} .

2 Compensarea efectelor temperaturii asupra răspunsului fotodiodei cu avalanșă

Posibilitatea compensării variației factorului de multiplicare cu temperatura se bazează pe egalitatea coeficienților $K_{iB} = K_{iM}$ la fotodiodele cu avalanșă de tip „reach-through” — $N^+P\pi P^+$.

Într-o schemă de polarizare ca în figura 1 [4] dioda de referință D_r are străpungere în avalanșă de volum, fiind realizată prin același

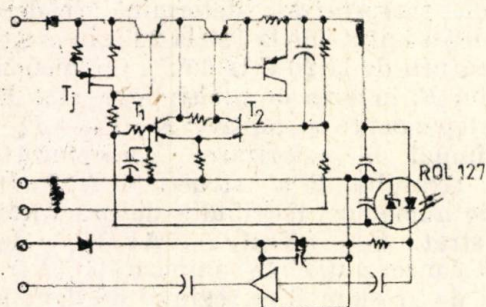


Fig. 1. Schema modului fotodetector cu APD și dioda de referință

proces tehnologic ca și fotodiodea. Deci K_{iB} al diodei de referință este egal cu K_{iB} al fotodiodei și cu K_{iM} al acesteia, cu condiția ca prin dioda de referință să circule curent constant furnizat de tranzistorul T_j . Tensiunea aplicată fotodiodei variază în același mod ca și tensiunea pe dioda de referință, datorită montajului diferențial $T1 - T2$ din figura 1. Deci polarizarea fotodiodei variază cu temperatura astfel încât $M = \text{ct.}$

3 Determinări experimentale

Pentru utilizarea într-un modul de fotodetector cu compensarea efectelor de temperatură s-a realizat un dispozitiv incluzând o fotodiodă de tip „reach-through” și o diodă de referință, procesate în cadrul aceluiași lot și montate pe aceeași ambază T05-FT. Structurile sînt izolate de ambază pentru creșterea raportului semnal/zgomot.

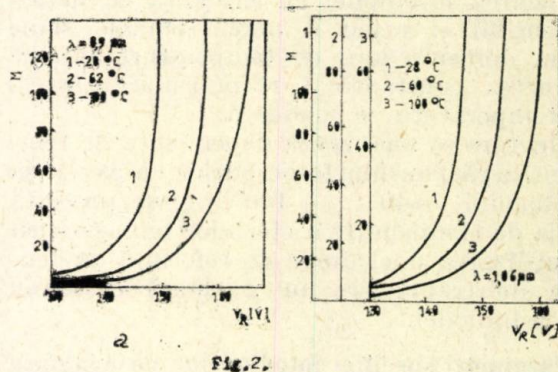


Fig. 2.: Dependenta factorului de multiplicare de tensiunea inversa aplicata cu temperatura ca parametru pentru lungimile de unda: a) $\lambda = 0,9 \mu\text{m}$ b) $\lambda = 1,06 \mu\text{m}$

Măsurătorile au urmărit stabilirea coeficientului K_{iM} pentru fotodiodă și K_{iB} pentru dioda de referință. Pentru aceasta s-au trasat curbele $M(V)$ la diferite temperaturi, figura 2 pentru $\lambda = 0,9 \mu\text{m}$ și $1,06 \mu\text{m}$ și s-au obținut valorile $K_{iM} = K_{iB} = 0,19 \text{ V/}^\circ\text{C}$, asigurându-se astfel compensarea efectelor temperaturii cu schema din figura 1.

Bibliografie

- [1] E. N. Brockhouse, Phys. Rev. Lett., vol. 2, p. 256, 1959
- [2] J. Conradi, SSE vol. 17, 1974
- [3] E. Budians, M. Purica, CAS/1987, p. 105
- [4] * * * The Optoelectronic Data Book, TEXAS INSTR.

CZ 512.331 : 535.4

MATRICE OPTOELECTRONICĂ
IMAGINE DE DIFRACTIE FRAUNHOFER
CROSS-TALK

Matrice optoelectronică pentru detectarea imaginilor de difracție

STEFAN VASILE*, DAN NICOLAESCU*, FLORIN CĂLDĂRARU*,
VLADIMIR POPESCU**, VALERIU BRĂBĂŢE** — BUCUREȘTI

Introducere

Începând din anii '70 au început să apară preocupări legate de măsurarea distribuției granulometrice a suspensiilor prin observarea spectrului de difracție Fraunhofer în lumină laser [1, 2, 3], iar ulterior au apărut și aparate bazate pe acest principiu [4, 5, 6, 7].

Lucrarea prezintă realizarea primei matrici optoelectronice din industria românească de semiconductoare. Sînt înfățișate problemele specifice de optimizare și realizare tehnologică ale acestui dispozitiv, precum și performanțele lui, relativ la caracteristicile joncțiunii pn precum și la cerințele domeniului de aplicații.

1 Cerințe ale defectei imaginilor de difracție

Schema de măsură a distribuției granulometrice din suspensii cuprinde un montaj optic tipic pentru obținerea spectrului de difracție Fraunhofer (fig. 1). Detectorul este constituit

- unde P_0 — puterea laserului;
 α_i — ponderea particulelor cu diametrul a_i ;
 $S_k(\alpha_i)$ — matricea distribuției de intensitate luminoasă pe inelul k al componentelor i considerate separat (adimensională)
 m — număr de canale (partiții dimensionale)

Sistemul de ecuații (1) se rezolvă dacă $n \geq m$. Informația utilă pentru analiză furnizată de detector este legată de stabilitatea sistemului de ecuații liniar de mai sus.

În rezumat, cerințele pe care trebuie să le îndeplinească o matrice optoelectronică detectoare a unei imagini de difracție provenită de la o distribuție granulometrică, sînt:

- a) — dispozitiv cu simetrie circulară de arie mare;
 b) — număr cît mai mare de inele;

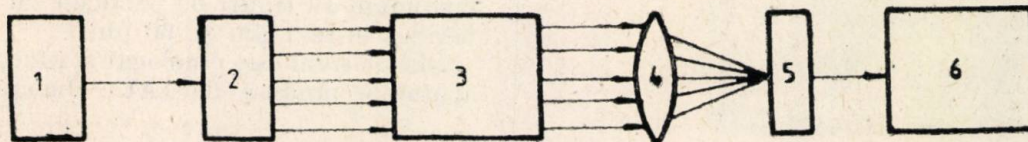


Fig. 1. Schema de măsură a distribuției granulometrice

- 1 — laser cu He-Ne
 2 — expander cu microdiafragmă
 3 — zonă de măsură
 4 — obiectiv „transformată Fourier”
 5 — matrice optoelectronică fotodetectoare
 6 — sistem de analiză a imaginii

din n inele independente și concentrice care furnizează cele n componente ale vectorului putere luminoasă care caracterizează o probă dată.

Puterea luminoasă pe inelul k este:

$$P_k = P_0 \sum_{i=1}^n \alpha_i S_k(\alpha_i), \quad k = 1, \dots, n \quad (1)$$

- c) — detalii fine (densitate crescută în zona centrală);
 d) — responsivitate cît mai mare pentru radiația laserului cu He-Ne;
 e) — liniaritate bună a răspunsului fotovoltaic la nivele mici de iluminare;
 f) — efecte parazite minime (lungime de colectare laterală minimă, reflexii minime).

2 Realizarea tehnologică

Matricea fotovoltaică este realizată pe un substrat de siliciu de tip n cu $\rho = 2 \Omega\text{cm}$ pe

* Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru componente electronice — București

** Întreprinderea de Aparare și utilaje pentru Cercetare — București.

care s-au obținut 17 joncțiuni; 16 inele detectoare și un dot central folosit pentru alinierea sistemului de măsură. Razele inelelor sînt în progresie geometrică cu rația $k = 1,12$, raza cea mai mare fiind de aproximativ 5 mm. Pentru a avea un număr cît mai mare de inele în zona centrală, au fost realizate detalii fine (inele și gărzii cu lărgimea de 20 μm și perimetrul de ordinul milimetrilor). Proiectarea măștilor a fost făcută, în premieră, pe un calculator M 118.

Cele 4 variante experimentate prezintă o difuzie de izolare a gărzilor ($C_S = 2 \times 10^{21} \text{ cm}^{-3}$) cu adîncimi de joncțiune variind între 4 μm și 8 μm și conduc la o scădere spectaculoasă a lungimii de colectare laterală față de varianta martor neizolată (de la 30 μm la 2 μm) [9]. A fost aleasă o variantă în care difuzia de bor pentru joncțiunea activă ($x_j = 2,4 \mu\text{m}$) $C_S = 10^{21} \text{ cm}^{-3}$, este realizată fără mască de oxid, pentru că are cele mai puține etape de fotolitografie. Pentru reducerea reflexiei de metalizare, stratul de Al a fost protejat de un strat antireflectant de Si/SiO acordat pentru $\lambda = 0,6328 \mu\text{m}$. Suprafața activă este protejată de un strat antireflectant de SiO₂, de asemenea acordat pentru $\lambda = 0,6328 \mu\text{m}$. A fost realizată o ambază orizontală cu capac din sticlă optică transparentă (fig. 2).

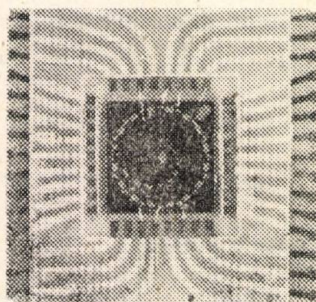


Fig. 2. Matricea optoelectronică

3 Rezultate experimentale și discuții

Dispozitivele realizate au o responsivitate de 0,42 A/W pentru $\lambda = 0,6328 \mu\text{m}$ și o foarte bună liniaritate a răspunsului fotovoltaic (rezistență shunt mare), pe patru decade de iluminare (fig. 3). Lungimea de colectare laterală, determinată ca în lucrarea [8], nu depășește 10 μm , ceea ce arată că plusarea puternică a gărzilor s-a dovedit o soluție eficientă.

Stratul antireflectant realizat peste Al a permis reducerea intensității luminii reflectate de la 95% fără strat antireflectant pînă la 5%, ceea ce diminuează considerabil intervenția fenomenelor parazite.

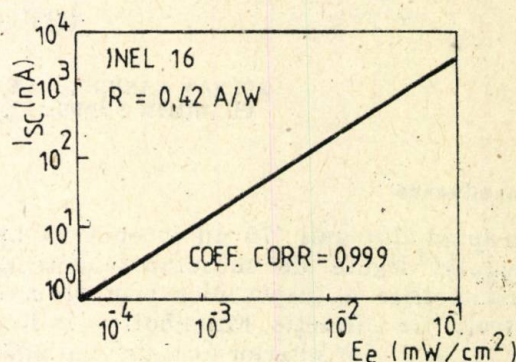


Fig. 3. Liniaritatea răspunsului fotovoltaic al matricii optoelectronice fotodetectoare

Măsurătorile de rezistență shunt au pus în evidență pentru rezistența shunt specifică, valori de ordinul a 1,6 $\text{M}\Omega \times \text{mm}^2$ ceea ce asigură, pentru dispozitiv, un punct de funcționare la $V = 10 \text{ mV}$ la nivelul cel mai mic de iluminare cu o precizie mai bună de 5%.

4 Concluzii

A fost realizată, în premieră românească, o matrice optoelectronică fotodetectoare capabilă să măsoare distribuții granulo-merice cu maximum 16 tipuri de particule cu diametrele variind între 1 μm și 60 μm .

Dispozitivul este omologat și funcționează pe aparatele produse de IAUC-București.

Bibliografie

- [1] J.E. Ward, — J. Opt. Soc. Am., **58**, 1566 (1968)
- [2] W. L. Anderson, R.E. Beissner, — Appl. Opt., **10**, 1503 (1967)
- [3] H. Stark, et. al. — J. Opt. Soc. Am., **65**, 1436 (1975)
- [4] J. Cornillat, — Appl. Opt., **11**, 265 (1972)
- [5] H. Stark, G. Shov — Appl. Opt., **16**, 1670 (1977)
- [6] M. Henec, K. Leschopschi, — Proc. of int. conf., Cluj-Napoca 14–18 (1985)
- [7] P. Mc Fayden, — Am. Lab. (oct. 1985)
- [8] St. Vasile, et. al., Proc. CAS, oct. 1987
- [9] G. M. Borsuk, Proc. of the IEEE, **69**, 100 (1981)

Analiza distribuției pe plachetă a circuitelor bune electric procesate în tehnologia CMOS

ADRIANA DELIBALTOV, REMUS ALBU*

Introducere

Lucrarea prezintă un sistem „OFF LINE” de achiziție și prelucrare automată a poziției structurilor bune electric pe plachetă și propune o metodă de prelucrare a datelor obținute în scopul determinării ponderii proceselor de fabricație și a factorilor contaminați în prelucrarea defectelor ucigașe.

Interpretarea rezultatelor se sprijină pe un set de ipoteze referitoare la corelația dintre distribuția defectelor ucigașe obținută în urma achiziției și prelucrării primare a datelor și cauzele care produc aceste defecte.

1 Achiziția datelor

Din schema bloc a sistemului de achiziție și prelucrare a datelor din figura 1 se evidențiază următoarele caracteristici: 1. Detectarea

2 Prelucrarea datelor

Defectele (D) care limitează randamentul electric se împart — în raport cu frecvența de apariție în poziții date ale plachetei — în aleatoare (D_A) și sistematice (D_S). Ambele tipuri de defecte pot fi corelate (D^C) sau necorelate (D^{Nc}) spațial [1].

Defectele corelate sînt legate de procesele de fabricație în timp ce defectele necorelate sînt determinate de contaminare.

În funcție de forma zonei pe care se grupează, defectele pot fi punctuale (D_p), liniare (D_l) și zonele (D_z).

Mulțimile defectelor definite mai sus se găsesc în următoarele relații:

$D = D_A \cup D_S$; $D_A = D_A^C \cup D_A^{Nc}$; $D_A^C = D_{Ap}^C \cup D_{Az}^C$; $D_A^{Nc} = D_{Ap}^{Nc} \cup D_{Al}^{Nc} \cup D_{Az}^{Nc}$; Oricare două mulțimi distincte sînt disjuncte.

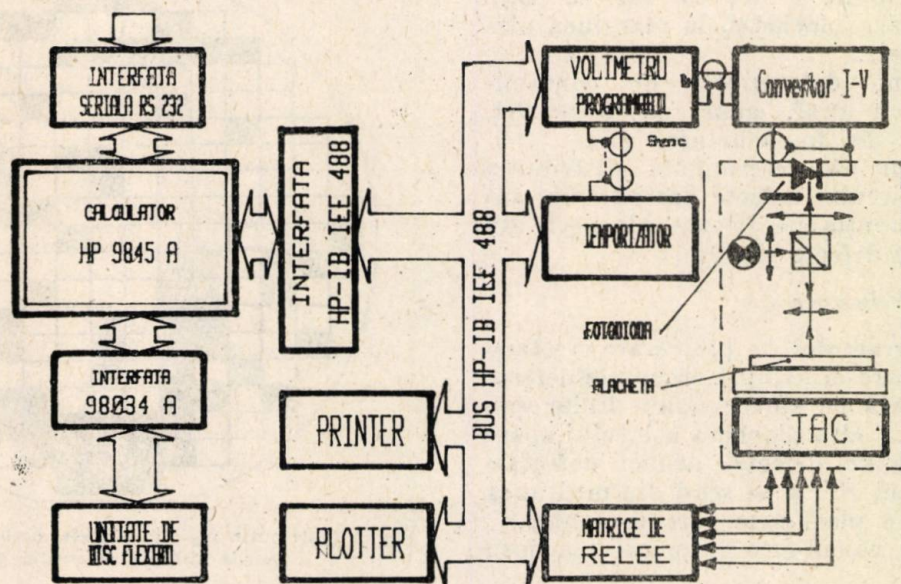


Fig. 1. Schema bloc a sistemului de achiziție și prelucrare a datelor

structurilor defecte are la bază un sistem optic cu ajutorul căruia se poate măsura diferența de reflectivitate dintre structurile bune și cele defecte marcate cu cerneală după testarea electrică pe plachetă.

Mișcarea plachetei și prelucrarea informațiilor se realizează automat, fiind coordonată de calculatorul HP 9845 A.

* Intreprinderea Industrială de Stat Microelectronica

Ipoteze asupra distribuției circuitelor defecte

Fie: N_{def} numărul de cipuri defecte pe o plachetă;

D numărul de elemente al mulțimii D .

Notăm numărul de circuite defecte generate de o mulțime de defecte prin N indexat cu indicii acestei mulțimi.

Atunci: $N \neq \text{card}(D)$, oricare ar fi D ;
 $N_{\text{def}} \neq \text{card}(D)$, suma efectuată
 inducându-se după toate tipurile de
 defecte.

Cu toate acestea, vom clasifica circuitele defecte electrice în clase similare cu cele ale tipurilor de defecte și vom considera că distribuțiile spațiale ale tipurilor de defecte sînt aceleași cu cele ale circuitelor defecte.

Considerăm adevărate următoarele ipoteze:

11. Defectele sistematice N_s sînt determinate de măștile de lucru și apar pe întreg lotul de plachete.
12. Defectele aleatoare corelate nu includ defecte liniare: $N_{\text{li}}^c = N_{\text{li}}^s + N_{\text{li}}^a$;
 $N_{\text{li}}^a = 0$.
13. N_{li}^c sînt generate de procesul de expunere și sînt distribuite pe grupuri de plachete, pe margini.
14. N_{li}^c sînt determinate de impurificări ale măștilor de lucru și sînt distribuite pe grupuri de plachete.
15. $N_{\text{li}}^c = N_{\text{li}}^s + N_{\text{li}}^a + N_{\text{li}}^c$.
16. N_{li}^c pot fi determinate de:

- raze de fotorezist distribuite pe rază
- defecte datorate stress-ului termic, distribuite la 0° , 45° sau 90° față de raza plachetei, la marginea plachetei.

17. N_{li}^c sînt determinate de contaminarea cu praf, găuri în fotorezist, defecte de împachetare, etc.

Ne propunem să determinăm distribuția numărului de circuite defecte descrise mai sus cunoscînd distribuția pe fiecare plachetă din lot a circuitelor defecte electrice.

Metoda de prelucrare

La baza programului de prelucrare se găsește algoritmul care determină circuitele defecte de pe o plachetă ce sînt grupate liniar sau zonal. Dacă pe o altă plachetă a lotului apare aceeași grupare de defecte, atunci defectele se includ în tipul N^c , și se scad din mulțimea defectelor de pe plachetele care le conțin.

Algoritmul de calcul este prezentat mai jos:

Prelucrare pe tot lotul $\rightarrow N_s$

$$d_1 = N_s = N_{\text{def}} - N_s$$

Prelucrare pe grupuri de plachete $\rightarrow N_{\text{li}}^c$

$$d_2 = d_1 - N_{\text{li}}^c + N_{\text{li}}^s$$

Prelucrare pe grupuri de plachete $\rightarrow N_{\text{li}}^a$

$$d_3 = d_2 - N_{\text{li}}^a = N_{\text{li}}^c$$

Prelucrare pe plachetă $\rightarrow N_{\text{li}}^s, N_{\text{li}}^a$

$$N_{\text{li}}^s = d_3 - (N_{\text{li}}^a + N_{\text{li}}^c)$$

Algoritmul de mai sus prevede eliminarea succesivă din mulțimea inițială a defectelor,

a acelor care satisfac un criteriu de corelație sau o distribuție impusă.

Prezentăm mai jos rezultatul rulării programului pe un lot de 16 plachete de $3''$ pe care a fost procesat circuitul MMC 760 cu arie de aproximativ 16 mm^2 .

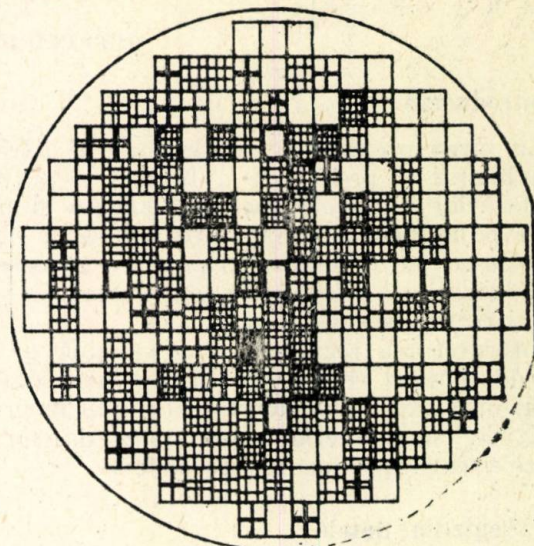


Fig. 2. Distribuția N_A . Numărul liniilor de hașură din cip este proporțional cu nr. de cipur bune pe lot.

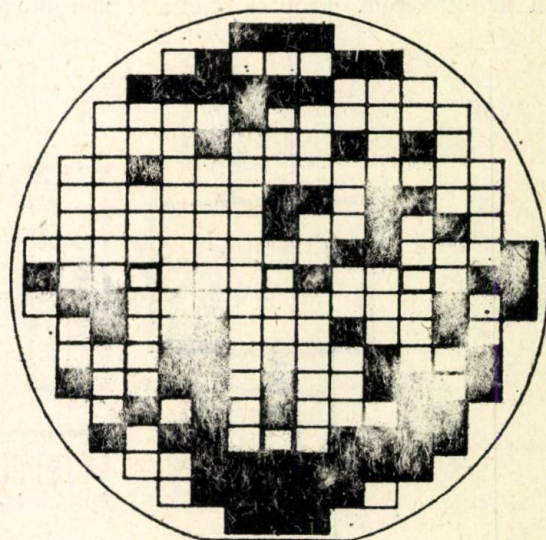


Fig. 3 Distribuția N_s . Suprafețele hașurate reprezintă cipurile defecte sistematice pe lot.

Concluzii

Utilizarea acestui program conduce la identificarea proceselor care induc defecte neașteptate și permite estimarea randamentelor electrice ale circuitelor în dezvoltare.

Ponderea cea mai ridicată a defectelor neașteptate este generată de etapele de fotolitografie.

Bibliografie

- [1] A. Gupta, W. A. Porter, Jay W. Lathrop, IEEE JSSC, vol. SC-9, No. 3, iunie 1974, pg. 96
- [2] S. M. Sze, VLSI Technology, Mc. Graw Hill, 1986
- [3] R.M. Warner, IEEE JSSC, vol. SC-9, No. 3, iunie 1974, pg. 86

Testarea circuitelor audio prin metoda eșantionării Aplicație: testarea circuitului TDA 2030

ADRIAN SORIN NĂSTASE, GABRIEL TĂNASE — BUCUREȘTI

Introducere

Ideea abordării metodei eșantionării pentru testarea circuitelor audio a avut la bază două cerințe majore: durata testării în putere să fie scurtă pentru a evita un sistem de răcire și eliminarea distorsiometrului analogic, aparat lent, care micșorează productivitatea testării. Lucrarea prezintă metodele numerice abordate ca și soluțiile adoptate, în prezent, pentru testarea curentă.

1 Sistemul de măsură

Sistemul de testare este format dintr-un voltmetru rapid (5 000 eșantioane/s), un generator de joasă frecvență, surse de alimentare și un calculator tip HP 9825A. Datele sunt transferate între calculator și periferice prin intermediul unei interfețe HP-IB.

Măsurarea distorsiunilor

Datorită faptului că evaluarea distorsiunilor necesită timp relativ lung comparativ cu alte măsurători, s-a căutat o metodă de calcul rapidă pornind de la eșantionare. Metoda propusă apelează la dezvoltarea în serie Fourier [1], pentru un semnal periodic $f(t)$ cu perioada T . Conform definiției, distorsiunea (d) acestui semnal este $d = (\text{valoarea efectivă a armonicilor}) / (\text{valoarea efectivă a semnalului}) = ((V_2^2 + V_3^2 + \dots) / (V_1^2 + V_2^2 + \dots))^{1/2}$, unde V_k este valoarea eficace a armonice de ordin k .

Relația de mai sus va fi folosită sub forma echivalentă $d = (1 - (V_1/V)^2)^{1/2}$, unde V_1 și V sunt valorile eficace ale primei armonici respectiv a semnalului considerat. Conform teoriei V_1 și V se calculează cu relațiile:

$$V_1^2 = (1/2) (A_1^2 + B_1^2), \quad A_1 = (2/T) \int_{-T/2}^{T/2} f(t) \cos \omega t, \quad B_1 = (2/T) \int_{-T/2}^{T/2} f(t) \sin \omega t$$

$$V^2 = (1/T) \int_{-T/2}^{T/2} f^2(t) dt$$

* Întreprinderea de Piese Radio și Semiconductori—Băneasa

În cazul metodei propuse V_1 și V sunt approximate astfel:

$$V_1^2 = (2/N^2) ((f_1 \cos \omega T/N + f_2 \cos 2\omega T/N + \dots + f_N \cos N\omega T/N)^2 + (f_1 \sin \omega T/N + f_2 \sin 2\omega T/N + \dots + f_N \sin N\omega T/N)^2)$$

$V^2 = (1/N)(f_1^2 + f_2^2 + \dots + f_N^2)$, unde f_k sunt eșantioanele semnalului $f(t)$, $f_k = f(kT/N)$.

Tabel 1

	Număr eșantioane	Număr armonici	Timp calcul	Distorsiuni (%)	Eroare (%)
Algoritm Goertzel	100	5	4,2	13	5
	100	10	8,5	13,2	3,4
TFR	128	—	8,4	14,1	4,5
Metoda propusă	100	—	1,8	13,6	0,2

În tabel se prezintă, comparativ, rezultatele obținute folosind două metode cunoscute, algoritmul Goertzel [2] și Transformata Fourier Rapidă (TFR) [3], față de metoda de calcul propusă mai sus, în cazul rulării pe același calculator HP 9825A.

Rezultatele de mai sus au fost obținute pentru un semnal sinusoidal limitat în amplitudine.

Avantajul metodei propuse constă în faptul că algoritmul de calcul are o singură buclă de sumare, iar aproximarea numerică pentru calculul valorilor eficace V_1 și V_2 dă eroare suficient de mică.

Testarea circuitului TDA 2030

Schema interfeței de testare este dată în figura 1. Cu această interfață sunt testați următorii parametri: curent de alimentare ($\pm 6V$, $\pm 18V$), tensiunile de decalaj la intrare și ieșire, distorsiuni la puteri de 0,1W, 8W și 18W, curent de intrare, curent de decalaj la intrare, amplificarea în buclă deschisă, rejecția broomului.

Distorsiunile la semnal mic și în putere maximă sunt evaluate cu ajutorul algoritmului

descriș anterior. Timpul de testare total este de 10 s din care cele trei teste de distorsiuni ocupă 6 s.

Trebuie remarcat faptul că toate măsurătorile sînt efectuate prin prelucrarea numerică

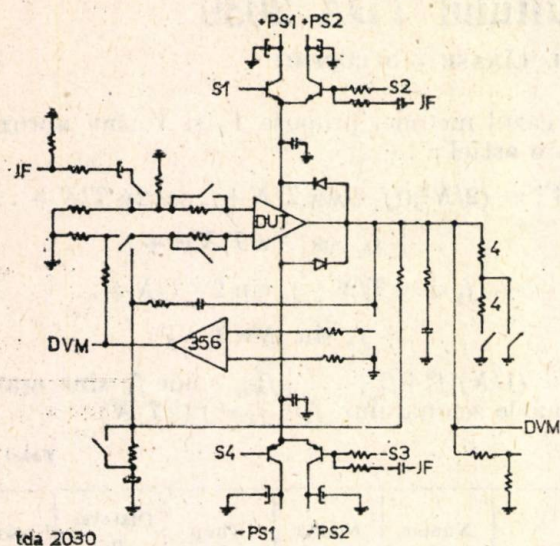


Fig. 1. Schema electrică a interfeței de testare pentru circuitul TDA2030

CZ 539.2 : 621.78 : 669.2

a eșantioanelor mărimilor măsurate în condițiile de test considerate.

2 Concluzii

Utilizarea eșantionării a permis scurtarea timpului de testare pentru un circuit care, în putere maximă, trimite în sarcină un curent de vîrf de 3A. Astfel circuitul se încălzește la cel mult $+50^{\circ}\text{C}$, rezultînd de aici două avantaje principale: productivitate și fiabilitate ridicată a testării.

Metoda propusă (originală) pentru măsurarea distorsiunilor face ca ponderea în timpul de testare a celor trei teste de distorsiuni să fie de ordinul a 60% față de cazul actual cînd pentru circuitul TCA 150, utilizarea distorsionometrului analogic duce la o pondere de peste 90% a testelor de distorsiuni în timpul total de testare.

Bibliografie

- [1] Gh. Cartianu, Analiza și sinteza circuitelor electrice, Ed. Didactică și pedagogică, București, 1972.
- [2] Bernard, Gold, and Rader M. Charles, Digital Processing of Signals, Mc Graw Hill, 1969.
- [3] O. E., Brigham, The Fast Fourier Transform, Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1974.

STRUCTURĂ
STRATURI SUBȚIRI DE Au
TRATAMENT TERMIC
MICROUNDE

Influența tratamentului termic asupra structurii straturilor subțiri de Au din combinațiile TiWAu și Ta-TiWAu

SVETLANA RĂU*; GALINA POPOVICI**

Introducere

Straturile subțiri conductoare de Au din combinațiile TiWAu și Ta-TiWAu, depuse pe substrat de ceramică (Al_2O_3) sau safir, se utilizează la realizarea circuitelor de microunde. Întrucît caracteristicile stratului conductor contribuie la calitatea circuitelor de microunde, a fost analizată structura straturilor subțiri de Au, înainte și după un tratament termic, cu ajutorul difracției de raze X. Studiul a fost efectuat pentru a pune în evidență influența substratului și a tratamentului termic asupra structurii straturilor conductoare de Au.

1 Condiții de preparare

Combinația TiWAu, utilizată ca strat conductor în circuitele de microunde, a fost rea-

lizată prin pulverizare catodică, într-un singur ciclu de vid, cu respectarea următoarelor condiții: vid inițial: $3 \cdot 10^{-6}$ mmHg.; pres. Ar. 30 m torr prepulverizarea fiecărei ținte: 20 minute. Depunerea celor 3 straturi ale combinației s-a efectuat astfel:

Titan (Ti): substrat: Al_2O_3 ; $T_s = +100^{\circ}\text{C}$; pulverizare dinamică;

Wolfram (W): substrat $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Ti}$; $T_s = +200^{\circ}\text{C}$; pulverizare dinamică;

Aur (Au): substrat: $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Ti} + \text{W}$; $T_s = T_{amb}$; pulverizare statică.

Combinația Ta-TiWAu, utilizată la realizarea rezistoarelor și a traseelor conductoare în circuitele de microunde, a fost realizată prin pulverizare catodică în două cicluri de vid: unul pentru Ta și unul pentru TiWAu. Condițiile de preparare au fost: vid inițial: $3 \cdot 10^{-6}$ mmHg.; pres. Ar. 30 m torr substrat: placă de safir; distanță țintă-substrat: 4 cm. $T_s = T_{amb}$ pentru Ta., $T = +100^{\circ}\text{C}$ pentru Ti și Au, $T = +200^{\circ}\text{C}$ la W. Toate pulverizările au fost efectuate dinamic.

* Centrul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Componente Electronice — București

** Institutul de Fizică și Tehnologia Materialelor — Măgurele

2 Rezultate experimentale

Pe ambele tipuri de combinații de straturi subțiri, stratul conductor de aur fiind deasupra, a fost determinată structura imediat după prepararea cu ajutorul difracției de raze X . Curbele de difracție sînt prezentate în figurile 1 și 3. În vederea studierii variației structurii cu temperatura, substraturile cu cele două tipuri de combinații de straturi subțiri au fost supuse unui tratament termic la $+400^{\circ}\text{C}$ timp de 4 ore. După o revenire de 24 ore straturile au fost din nou analizate cu difracție de raze X . Curbele de difracție obținute sînt pre-

zentate în figurile 2 și 4. Comparând curbele de difracție ale straturilor subțiri netratate termic cu cele tratate termic (fig. 1 cu fig. 2 și fig. 3 cu fig. 4) au fost puse în evidență următoarele modificări în structura straturilor subțiri de Au.:

- I Texturarea straturilor pe direcția $\langle 111 \rangle$ normală la suprafață, foarte puternică înainte de tratamentul termic, devine și mai pronunțată după aceasta. Se observă o texturare mai puternică pe substratele de ceramică.

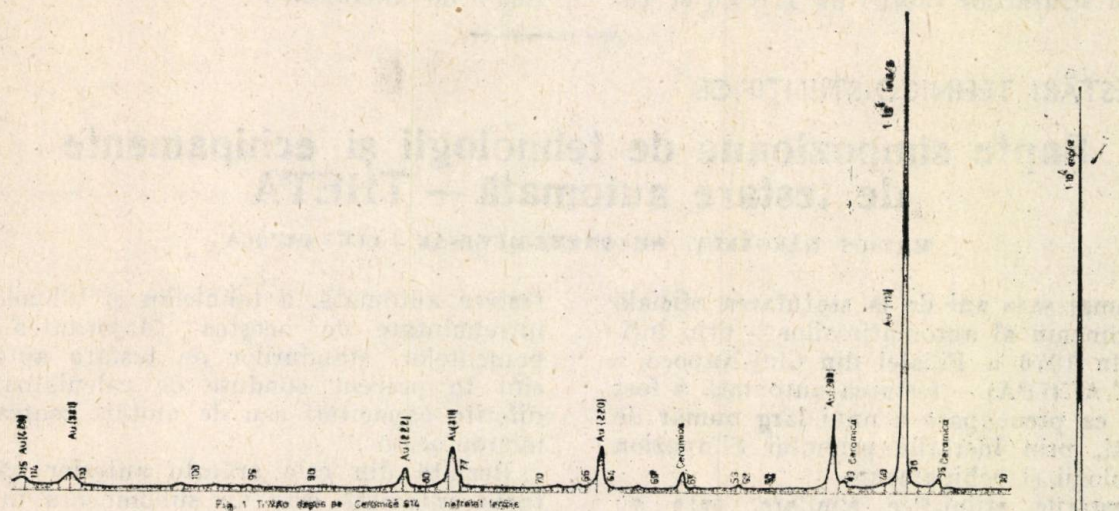


Fig. 1. TWAo daga sa Ceromizé 674 nafrehi lede.

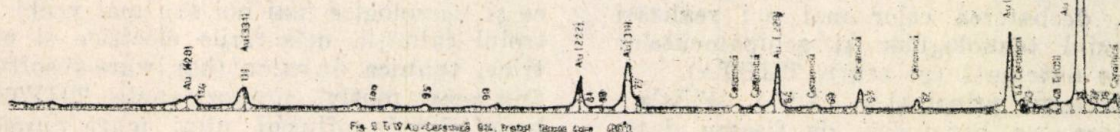
Fig. 3. T. W. Anderson, 934. Printed version from <http://www.earthlink.net/~tanderson>

Fig. 1 și 2

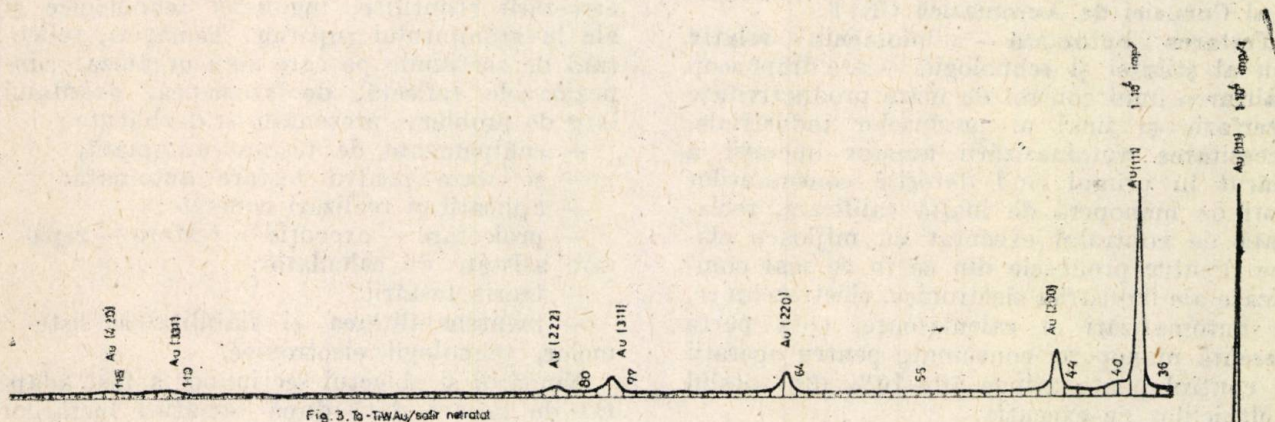


Fig. 3. Ta-TiW/Au/solir netratat

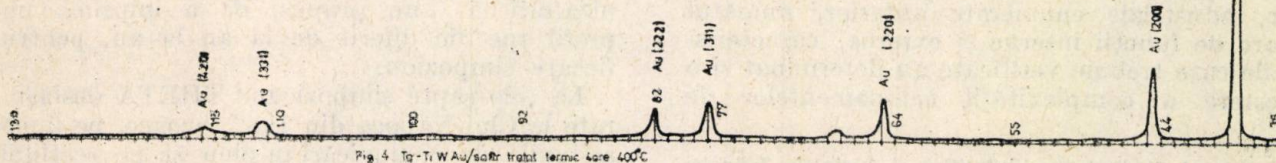


Fig. 4. Tg-T₁ W Au/sqBr treated thermic here 400°C

Fig. 3 și 4

- II Dimensiunile medii ale cristalitelor de Au cresc prin tratament termic de la 300 Å la 500 Å.
- III Tensiunile mecanice microscopice din strat scad prin tratament termic de la $3,7 \cdot 10^8$ N/cm² la $1,8 \cdot 10^8$ N/cm².
- IV Tensiunile mecanice macroscopice din strat cresc prin tratament termic de la $6,5 \cdot 10^7$ N/cm² la $9,2 \cdot 10^7$ N/cm².

3 Concluzii

Cu ajutorul difracției de raze X s-a pus în evidență faptul că în urma unui tratament termic al straturilor subțiri de TiWau și Ta-

TiWau, preparate prin pulverizare catodică pe substrat de ceramică și safir în vederea realizării traseelor conductoare din circuitele de microunde straturile conductoare de Au recrystalizează și se texturează puternic pe direcția <111>, normală la suprafață; microtensiunile din strat scad iar macrotensiunile cresc. Aceste fenomene relevă aderența straturilor la substratul pe care sînt preparate și conduc la scăderea rezistenței de suprafață, ceea ce le face utilizabile la realizarea circuitelor de microunde.

MANIFESTĂRI TEHNICO-ȘTIINȚIFICE

Șapte simpozioane de tehnologii și echipamente de testare automată — THETA

MARIUS HÂNCĂNUȚ, GEORGE-MUREȘAN — CLUJ-NAPOCA

La numai șase ani de la statutarea oficială a subdomeniului al automatizărilor — prin înființarea în 1976 a Filialei din Cluj-Napoca a I.C.S.I.T.A. (IPA) — testarea automată a fost atestată ca preocupare a unui larg număr de specialiști, prin luerările primului Simpozion de tehnologii și echipamente.

Manifestările științifice similare, care au urmat anual pînă în 1988, și-au propus prezentarea, dezbaterea celor mai noi realizări în domeniul tehnologiilor și echipamentelor de testare automată (pe scurt, THETA).

Organizatorul principal — I.P.A. Filială Cluj-Napoca — a beneficiat, de fiecare dată, de sprijinul Institutului Politehnic Cluj-Napoca și al Comisiei de Automatică CNIT.

Testarea automată — subdomeniu relativ nou al științei și tehnologiei — are drept scop realizarea unui control de mare productivitate interfațic și final al produselor industriale. Necesitatea automatizării acestor operații a apărut în primul rînd datorită consumurilor mari de manoperă de înaltă calificare, reclamată de controlul executat cu mijloace clasice. Pentru produsele din ce în ce mai complicate ale industriei electronice, electrotehnice, de automatizări și calculatoare, cota parte aferentă manoperei consumate pentru operații de control poate atinge 60–70% din totalul cheltuielilor de execuție.

Complexitatea ridicată a produselor ramurilor industriale enumerate anterior, numărul mare de funcții interne și externe, caracteristicile care trebuie verificate au determinat și o creștere a complexității echipamentelor de

testare automată, a tehnicilor și tehnologiilor întrebuintate de acestea. Majoritatea echipamentelor, standurilor de testare automată sînt în prezent conduse de calculatoare de diferite capacități sau de unități centrale cu microprocesor.

Rezultă din cele arătate anterior că testarea automată este un subdomeniu în care sînt implicate mai multe discipline științifice și tehnologice mai noi sau mai vechi: controlul calității, măsurările electrice și neelectrice, tehnica de calcul (hardware și software). Din acest motiv, simpozioanele THETA au beneficiat de aflulul unui mare număr de specialiști din multe domenii ale industriei, cercetării științifice, ingineriei tehnologice și ale învățămîntului superior. Tematica, reflectată de secțiunile pe care s-au organizat simpozioanele reflectă, de asemenea, evantaiul larg de probleme prezentate și dezbătute:

- echipamente de testare automată;
- software pentru testare automată;
- aplicații și realizări concrete;
- proiectare — execuție — testare — reparare asistate de calculator;
- teoria testării;
- mentenabilitatea și fiabilitatea sistemelor, tehnologii electronice.

Numărul și obiectul secțiunilor a fost adaptat de fiecare dată după tematica lucrărilor primite, precum și după scopul pe care organizatorii și l-au propus, de a imprima un profil specific diferit de la an la an, pentru fiecare simpozion.

La cele șapte simpozioane THETA desfășurate la Cluj-Napoca din 1982 încoace, pe lângă sesiunile de comunicări în plen și pe secțiuni sau prezentări de postere, s-au mai desfășurat

și un total de 14 mese rotunde cu tematică diversă, dintre care amintim:

- testarea hibridă;
- mini sau microcalculator în testarea automată;
- direcții în testarea automată a plăcilor electronice;
- cartea tehnică;
- testarea hibridă;
- creșterea testabilității echipamentelor de conducere a proceselor industriale;
- probleme ale testării și tehnologiei plăcilor cu componente montate pe suprafață (S.M.D.).

Numărul mediu de participanți la fiecare simpozion a fost de 137, proveniți, în medie, de la 36 întreprinderi sau institute din țară.

În total, la cele 7 manifestări THETA au fost prezentate 543 de lucrări care au fost

publicate în volumele fiecărui simpozion. Cele peste 3000 de pagini totalizate de volumele celor șapte simpozioane, constituie astăzi singura bibliografie unitară și sistematică pentru domeniul tehnologiei și echipamentelor de testare automată.

Interesul pentru lucrările simpozioanelor a fost subliniat și de publicarea de către Editura Tehnică, în tiraj de masă, a unor lucrări selectate din mai multe simpozioane, în revista AMC, numerele 45 și 46 din 1984.

Preocuparea permanentă de comparare a nivelului atins de testarea automată din țara noastră cu cel existent pe plan mondial, rezultatele pozitive ale acestor comparații, îndreptățesc organizatorii să fie preocupați de transformarea — într-un viitor nu prea îndepărtat — a Simpozioanelor THETA, în manifestări tehnico-științifice cu participare internațională.

Recenzii

*Prof. dr. ing. Manfred Kummer; dr. ing. Günter Fuchs; dr. doc. Heinrich Loele;
dr. Siegfried Martinus*

Bazele tehnicii microundelor (Grundlagen der Microwellen Technik)

WEB — Verlag Technik Berlin — R.D.G.

Cartea tratează sub toate aspectele unul din domeniile de mare perspectivă prin multiplele aplicații și implicațiile tehnico-economice, în condițiile în care problemele referitoare la economia de energie sînt prioritare. Autorii prezintă în mod unitar și selecționat principiile teoretice care stau la baza tehnicii microundelor, a căror cunoaștere și stăpînire sînt indispensabile pentru utilizările practice.

Structurat în zece capitole, care decurg în mod logic din problematica tratată, volumul „Bazele tehnicii microundelor” oferă posibilitatea specialiștilor să înțeleagă fenomenele generării și folosirii microundelor. Astfel, în capitolul 1 se face o prezentare generală a domeniului, cu menționarea principalelor do-

menii și direcții de aplicație: în telecomunicații, radiolocație, microelectronică, tehnică de măsurare, procese de încălzire.

Capitolul 2 tratează despre bazele teoretice ale cîmpului electromagnetic de foarte înaltă frecvență, pornind de la ecuațiile lui Maxwell, prezentînd detaliat aspectele referitoare la caracteristicile materialelor în cîmp electromagnetic de foarte înaltă frecvență, și calculul puterii disipate în medii omogene. În continuare, capitolul 3 prezintă problematica ghidurilor de undă, acordîndu-se o atenție deosebită aspectelor teoretice ale transmiterii puterii de înaltă frecvență prin ghiduri de undă de diferite tipuri (ghiduri de undă închise cu dielectric omogen, ghiduri de undă dreptunghiulare, ghiduri de

undă cilindrică, circulare linii coaxiale, ghiduri de undă dielectrice).

Capitolul 4 este consacrat rezonatoarelor, evidențiindu-se aspectele tehnico-economice ale acestor elemente deosebit de importante în sfera aplicațiilor microundelor, iar capitolul 5 se ocupă de aspectele teoretice referitoare la girotroni și aplicațiile lor în tehnica microundelor.

Capitolul 6 prezintă bazele teoretice ale circuitelor în domeniul de frecvență al microundelor, în vreme ce capitolul 7 se referă la componentele liniei de transmisie: porți, filtre, ramificații, cuplor directiv.

Componentele electronice specifice tehnicii microundelor fac obiectul capitolului 8, tratându-se detaliat legile fundamentale ale comportării purtătorilor în câmp alternativ de înaltă frecvență, modul de funcționare și indicii unor tuburi generatoare de unde progresive, modul de funcționare, indicii și aplicațiile unor componente semiconductoare (tranzistoare, diode).

Capitolul 9 tratează problemele teoretice și practice ale tehnicii de măsurare în domeniul microundelor, evidențiindu-se particularitățile și aparatura utilizată; generatoare de măsură pentru domeniul microundelor, metode de măsurare a puterii, măsurarea parametrilor de rețea (factor de reflexie, factor de transmisie), măsurarea frecvenței, măsurarea indicilor rezonatoarelor, măsurarea factorului de zgomot. În capitolul 10 se prezintă tehnica de legătură prin radioreleu.

Partea finală cuprinde 105 referiri bibliografice specifice fiecărui capitol, ceea ce sporește cu atât mai mult interesul și satisface cerințele specialiștilor din domeniu, atât în ceea ce privește aspectele teoretice, cât și activitatea practică deservită.

Dr. ing. *Miron Dumitru* — Șef de laborator Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Electrotehnică — ICPE — București

Prof. dr. ing. Rolf Zeth și colaboratorii

Calculatorul personal Robotron-1715 (Der Personal Computer 1715)

Editura die Wirtschaft — Berlin, 1988

Cu un renume de acum câștigat pe piața calculatoarelor electronice, inclusiv pe cea a tehnicilor de calcul de uz personal, în care sînt incluse și calculatoarele personale, Firma VEB Robotron din R.D.G. oferă prin volumul de față, realizat de un grup de specialiști coordonați de prof. dr. ing. Rolf Zeth, o nouă dovadă a preocupării, nu numai de a concepe și executa noi și noi produse de acest gen, moderne și calitative, dar și de a le lansa, de a le face cunoscute multiplele facilități și domenii de utilizare.

Înscriindu-se în seria de volume tratînd diverse tipuri de calculatoare persoanele tip Robotron, scrierea de față „Calculatorul personal 1715” îmbină firesc prezentarea structural-funcțională generală a acestor genuri de minicalculatoare, cu detalierea particularităților celui avut în vedere în principal. Un asemenea plan nu face decît să sporească interesul și adresa cărții, depășind astfel faza unui simplu manual de prezentare și utilizare.

Astfel, după ce în introducere se ocupă pe rînd de unitatea de sistem și tipurile de display-uri (K 7221 și K 7222), tastatură și componente periferice, date tehnice particulare ale

PC 1715 și extensii la configurația Hardware, în primele două capitole lucrarea redă: sistemele funcționale ale acestui tip de calculator personal, transmisia de date și afișarea pe terminal, prin sistemul SCP. Capitolul patru este consacrat dezvoltării componentelor de program ale sistemului (asamblorul ASM, LINK-editorul, LIB-programului bibliotecar și DU-depanatorului de programe), iar capitolul cinci limbajelor de programare și sistemului de funcționare (SCP), cu interpreterul și compilatorul în BASIC și limbajele de programare PASCAL-MP și FORTRAN.

În capitolul șase sînt tratate aspectele privind Software-ul standard în sistemul SCP, cu procesorul de texte (TP) și prezentarea grafică cu programul PCGRAF, iar în capitolul șapte se oferă o privire de ansamblu asupra domeniilor de aplicare a PC 1715: cazuri și domenii de utilizare (facturi și facturi pentru export, programul SALDOCONTO, calculul salariilor, informare și documentare la locul de muncă, introducerea sistemului în magazinele universale CENTRUM, utilizarea sa în proiectare și

economia forestieră etc.); sisteme de informații (în construcții, optică, folosirea imprimantei matriceale K 6313/K 6314 în scopuri grafice, prezentarea formei curbilor și a diagramelor-etalon, precum și a acelor circulare). Capitolul opt este consacrat lucrărilor de service necesare PC 1715, descriindu-se operațiile de montare, punere în funcțiune și verificare, întreținere, inclusiv măsurile de întreținere a PC 1715 la loc fix.

Prin caracteristicile software ale PC 1715 s-a asigurat realizarea unui astfel de calculator cu o memorie RAM avind o capacitate maximă de 64 kbiți și posibilități de adaptare la diferite

tipuri de configurații de aparate și formate de dischete. De asemenea, dispunind de formarea unui software quasi-standardizat pentru intrări și ieșiri se reduc cheltuielile de proiectare și implementare în diferitele sisteme de acționări și utilizări, care pot fi extrem de extinse și variate: de la calculele tehnico-științifice la cele economice, din sfera planificării și statisticii și de la prelucrarea textelor în domeniul administrativ la cuprinderea online și off-line a datelor.

Analist *Virgil Constantinescu*

Centrul de Calcul al I.C.P.E. — București

Hans Fuchs, Gnut Göpel;

Fibrele optice în comanda automată

VEB-Verlag Technik, Berlin, 1989

Prin lucrarea „Fibrele optice în comanda automată” se realizează o **competență** și documentată trecere în revistă a ceea ce înseamnă, pentru automatizările complexe moderne, introducerea transmisiunilor pe cablu de fibre optice. Astfel, într-un scurt capitol introductiv autorii prezintă avantajele ce decurg din utilizarea transmisiunilor prin fibre optice în automatizările complexe mai pretentioase: imunitate la interferențe electromagnetice, izolație galvanică perfectă, siguranță în funcționare în medii explozive. Apoi, se propune o familiarizare cu conceptele fundamentale specifice ale transmisiunilor de acest tip. În acest context sînt reliefate mărimea hotărîtoare în alegerea unui anumit mod de vehiculare a informației și, în plus, a tipului de cablu ce urmează a fi folosit.

Al treilea capitol își propune să prezinte elementele pasive și active cu ajutorul cărora se poate configura un circuit de transmitere optică a informației. Astfel, luîndu-se ca punct de plecare cazul de maximă generalitate a comunicațiilor „full-duplex”, sînt prezentate dispozitive ca emițătoare, cuploare, circulatori cu trei și patru porți, receptoare specializate și chiar elemente de execuție acționate direct de impulsuri luminoase, fără o prealabilă conversie a lor în semnal electric, cum este optotiristorul. Capitolul patru este consacrat prezentării fundamentelor teoretice ale modului de configurare a rețelelor de transmisiuni, cu referiri concrete la rețelele de transmisiuni optice. Sînt

prezentate, de asemenea, cele mai răspîndite sisteme de codare a informației binare ca și modalitățile de multiplexare a semnalelor astfel obținute.

În capitolul cinci sînt detaliate bazele proiectării rețelelor informaționale de proces, factorii ce influențează eficiența unei astfel de rețele și modalitățile de optimizare a lor. Fiind bogat ilustrat cu grafice și nomograme, acest capitol este deosebit de util celor ce lucrează în domeniu. În ceea ce privește aspectele tehnologice legate de construcția, întreținerea și exploatarea rețelelor astfel constituite, ele fac obiectul capitolului șase, autorii accentuînd aici și problemele legate de specificul dotării cu aparatură și dispozitive de control.

Un capitol dedicat prezentării unui exemplu practic de automatizare pe această cale a unui proces energetic — capitolul șapte — și în ultim capitol (opt) cuprinzînd cîteva considerații finale încheie acest veritabil manual al proiectantului și utilizatorului de automatizări industriale cu rețele optoelectronice. Enumerarea bibliografiei folosite este completată și cu un scurt glosar al publicațiilor tratînd probleme din aceeași sferă de interes și preocupare, ceea ce contribuie în plus la extinderea adresei și creșterea utilității cărții.

Ing. *Cristian Gheorghiu*

Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Electrotehnică (I.C.P.E.) — București

Heinz Bätz și colectiv:

Instalații electroenergetice

VEB — Verlag Technik Berlin R.D.G.

Constituită ca un manual, lucrarea „Instalații electroenergetice” se adresează atât studenților, cât și specialiștilor din industrie interesați în perfecționarea lor. De altfel, progresele tehnico-științifice din ultimii ani au condus la utilizarea unor noi procedee de calcul al instalațiilor electroenergetice, acordându-se o importanță tot mai mare problemelor de fiabilitate, de alimentare și de calitate a energiei electrice, ceea ce face necesară o pregătire fundamentală științific și orientată spre practică a inginerilor, conform noilor cerințe.

Din acest punct de vedere, volumul de față este, într-un anumit fel, o continuare actualizată a manualului „Instalații de curent tare — planificare, configurație calcul” de Gester/Schmidt, capitolele cărții conținând multe exerciții, tabele și curbe pentru calcule practice, ca exemplificare a formulelor teoretice.

Capitolul întâi prezintă bazele construcției instalațiilor electroenergetice, standardele și instrucțiunile de proiectare, gradele de protecție a aparatelor și clasificarea produselor din punct de vedere al mediului înconjurător.

Capitolul doi se referă la componente și mijloace de producție pentru construcția instalațiilor de curent tare, linii, transformatoare de putere, transformatoare de măsură și protecție, bobine de șoc, criterii de selecție pentru aparatele de comutare, tehnica de protecție, instalații de comutare și distribuție, instalații de alimentare cu energie electrică și mutatoare.

În capitolul trei se prezintă planificarea și calculul instalațiilor de iluminat, analizându-se lămpile, corpurile de iluminat, cerințele de calitate privind elemente de iluminat încăperile și calculul instalațiilor de iluminat. Capitolul patru tratează despre determinarea necesarului de putere și energie pentru instalațiile electroenergetice pornindu-se de la scop și primele noțiuni până la procedeele de calcul pentru rețelele industriale de energie.

Capitolul cinci este consacrat unei probleme de mare actualitate — compensarea puterii reactive — analizându-se consumatorii de putere reactivă, îmbunătățirea factorului de putere, utilizarea condensatoarelor în instalațiile industriale și rețelele de distribuție și particularitățile tehnice ale utilizării condensatoarelor. În vreme ce capitolul șase se referă la măsurile de protecție împotriva electrocutării, urmărindu-se efectul curentului electric asupra corpului uman, măsurile de protecție la instalațiile electrotehnice până la 1000 V și împământarea la instalațiile electrotehnice.

În capitolul șapte se prezintă calcularea curentului de scurtcircuit la instalațiile de curent tare fără cunoașterea puterii de scurtcircuit în centralele energetice separate, iar capitolul opt se ocupă de calculul rezistențelor mecanice și termice a mijloacelor de acționare datorită curentului de scurtcircuit, analizându-se solicitările care iau naștere în linii, bare, izolatoare și cabluri.

Capitolul nouă prezintă, ca o concluzie, modul de proiectare a instalațiilor electroenergetice, configurația instalațiilor, calculul tehnico-economic și tipurile de stații electrice.

Deși destinată studenților și inginerilor, lucrarea se recomandă tuturor acelor care doresc să se familiarizeze cu domeniul și mai ales celor preocupați de elaborarea unor aplicații practice. Bine structurată și foarte conștientă, lucrarea oferă o bază solidă de cunoștințe, care permite o abordare sistematică și actualizată a problemelor complexe pe care le ridică astăzi practica instalațiilor electroenergetice.

Dr. ing. *Cristian-Dănuț Poiană* — Șef colectiv Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Electrotehnică (ICPE — București)

Dictionar tehnic: German Englez Chimie și inginerie chimică. (Technik — Worterbuch. Chemie und chemische Technik. Deutsch-Englisch)

VEB Verlag Technik Berlin, 1989, 636 pagini.

Stat binecunoscut rolul și importanța chimiei în producția materială a societății moderne, fiind astăzi greu de găsit un domeniu în care această știință vastă, evolutivă și cu limite

nedefinite, să nu fi contribuit la binefacerile civilizației contemporane. Mii de substanțe, între care îngrășăminte, antidăunători, stimulatori de creștere, compuși macromoleculari, co-

loranți, produse farmaceutice, materiale de construcții și multe altele sînt incluse în circuitul de valori materiale ale industriei și agriculturii.

Elaborat de un colectiv al Universității Tehnice din Dresda — R.D.G., Dicționarul german-englez pe care îl prezentăm conține 56 000 de termeni din domeniul chimiei și ingineriei chimice. El cuprinde atît termeni de compuși chimici (organici și anorganici, de sinteză și naturali), cît și termeni pentru operații, procedee, procese, aparate și instrumente de măsură folosite în tehnologia chimică. Totodată, dată fiind elaborarea și tipărirea lui recentă, în cunoscuta editură berlineză VEB — Verlag Technik, el se impune ca o ediție actualizată și îmbogățită față de alte apariții similare.

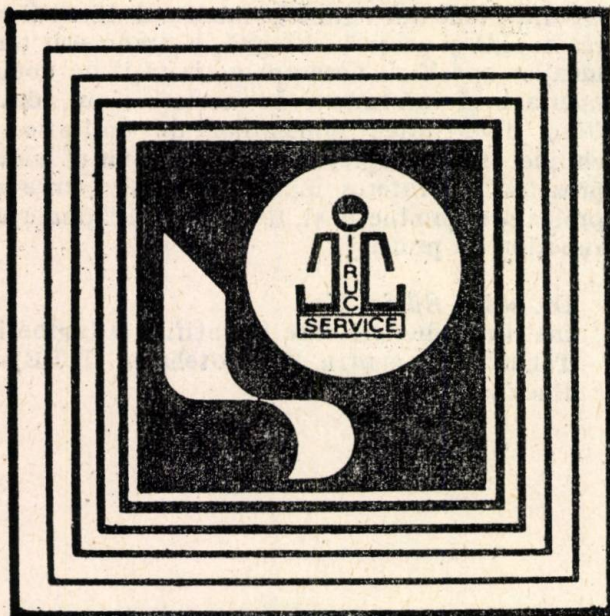
Se cuvine remarcat și faptul că acest dicționar cuprinde termeni din toate domeniile chimiei: de la chimia cuantică și cinetica chimică la termochimie și fotochimie, de la electrochimie la chimia coloidală și chimia nucleară, de la radiochimie și chimia izotopilor la chimia combinațiilor complexe și stereochemie ș.a.m.d. În cadrul lui sînt folosite limbajul și modalitățile

de reprezentare specifice chimiei, majoritatea compuşilor chimici fiind redați și prin formulele lor moleculare. În ceea ce privește nomenclatura, aceasta este aliniată regulilor Uniunii Internaționale de Chimie Pură și Aplicată (IUPAC), în unele cazuri folosindu-se pentru unul și același compus toate denumirile cunoscute, inclusiv formele mai vechi.

Din toate aceste puncte de vedere, lucrarea este un instrument deosebit de util specialiștilor din domeniul chimiei, facilitînd identificarea rapidă și precisă bilingvă, a traducerii termenilor specifici, necesară activității de documentare și informare. În același timp, dată fiind diversitatea domeniilor de aplicație a chimiei și tehnologiei chimice, dicționarul poate prezenta un interes mai larg, în cercetare și proiectare, producție și, tîrîște, în învățămîntul superior de profil.

Dr. Mm. Silvia Jipa

Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Electrotehnică (IOPE) — București



IIRUC service

**Întreprinderea pentru Întreținerea
și Repararea Utilajelor de Calcul
și de Electronică Profesională**

București — România
Bd. Dimitrie Pompei nr. 6, sector 2
Telefon : 88.20.70
Telex : Service I.I.R.U.C. 11716 R

Întreprinderea noastră a luat ființă în 1968, în București.

Acum, IIRUC oferă service tehnic pentru o gamă foarte largă de echipamente, printre care:

- comandă numerică pentru mașini-unelte
- sisteme și minisisteme de calcul
- instrumente electronice de analiză și măsură
- automate de dirijarea circulației
- televiziune în circuit închis
- radiotelefoane
- aparatură medicală
- diverse alte echipamente

În principal, service-ul tehnic pe care îl oferim se compune din :

- întreținerea preventivă periodică
- intervenții la cerere la sediul beneficiarului
- reparații și recondiționări în laboratoare proprii
- instruirea personalului de exploatare al beneficiarului.

Aceste servicii sunt oferite atât utilizatorilor, cât și producătorilor români sau străini, în România sau pe terțe piețe.

11 SECȚII DE PRODUCȚIE — 80 DE FILIALE

În prezent, IIRUC deține contracte de service cu mai mult de 16 000 de beneficiari români sau străini, deservind un parc de peste 350 000 de unități fizice.

Mai mult decât atât, acest parc se caracterizează prin existența a aproximativ 1 000 de tipuri diferite de echipamente, provenind de la 60 de producători independenți.

Pentru a răspunde acestor cerințe, ne-am structurat activitatea pe 11 secții de producție coordonate prin Sediul Central din București.

Secții naționale pentru service dedicat

- S 15 — Procese automatizate prin comandă numerică
— Bd. Dimitrie Pompei nr. 6, București/România, sectorul 2, tel. : 87.37.20
- S 20 — Sisteme și minisisteme de calcul cu utilizare generală
— Bd. Dimitrie Pompei nr. 6, București/România, sectorul 2, tel. : 88.68.20

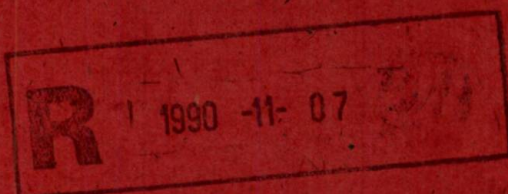
Secții teritoriale pentru service generalizat

- S 03 — BUCUREȘTI
— Bd. Dimitrie Pompei nr. 6, București/România, sectorul 2, tel. : 88.60.65
- S 07 — OLTEANIA
— Cartier Rovine, bl. A, Craiova/România, tel. : 941/4.70.61
- S 08 — BANAT
— Piața 700, Timișoara/România, tel. : 961/3.45.26
- S 09 — TRANSILVANIA-NORD
— Str. Cîmpeni nr. 28, Cluj-Napoca/România, tel. : 951/3.41.14
- S 10 — TRANSILVANIA-SUD
— Str. Traian nr. 34, Brașov/România, tel. : 921/3.09.37
- S 11 — MOLDOVA
— Str. Republicii, Iași/România, tel. : 981/3.28.44, 3.33.02
- S 12 — MUNTENIA
— Bd. Dimitrie Pompei nr. 6, București/România, sectorul 2, tel. : 88.61.80
- S 13 — DOBROGEA
— Str. Poporului nr. 121, Constanța/România, tel. : 916/6.45.95, 6.47.93



E 2040

ETE



Electrotehnica Electronica Automatica

AUTOMATICA ŞI ELECTRONICA • BUCUREŞTI • ANUL 33 • NR. 4 • DECEMBRIE 1989

ELECTROTEHNICA, ELECTRONICA ȘI AUTOMATICA

Anul 33

Nr. 4

decembrie 1989

AUTOMATICA ȘI ELECTRONICA

CUPRINS

CZ 621.3.014

TRANZISTOR CU INDUCȚIE STATICĂ CONSTRUCȚIE TEHNOLOGIE

Postolaciu, C. ș. a. : Tranzistorul cu inducție statică. Partea a II-a construcție și tehnologie.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, nr. 4, decembrie 1989, p. 143

În lucrare se prezintă diferite variante constructive ale tranzistorului cu inducție statică. Pentru fiecare soluție constructivă, se descrie tehnologia de fabricație cu implicațiile asupra performanțelor electrice ale dispozitivului.

CZ 621.3.014 : 669.7 : 621.3.044

MEMBRANA MONOMETRICĂ SILICIU MONOCRISTALIN TRANZISTOARE DIN GERMANIU POLICRISTALIN

Brădeanu-Creangă, A. ș. a. : Senzor piezorezistiv din straturi subțiri pe membrană de siliciu.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, nr. 4, decembrie 1989, p. 148

Se prezintă un senzor piezorezistiv de sensibilitate ridicată care utilizează ca element elastic o membrană de siliciu monocristalin, iar ca element activ piezorezistiv un material semiconductor sub formă de strat subțire. Dispozitivul poate fi utilizat în domeniul de presiuni 1–760 torr.

CZ 621.316.2 : 621.313.04

SURSA ÎN COMUTAȚIE CIRCUIT INTEGRAT MONOLITIC

Tănase, G. ș. a. : Circuit integrat pentru controlul unei surse în comutație β TDA 2581/2582.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, nr. 4, decembrie 1989, p. 150

Circuitele integrate β TDA 2581/2582 sunt destinate controlului unei surse în comutație a unui receptor TV, asigurând totodată și comanda baleiajului orizontal. Sunt reliefate câteva aspecte ale analizei originale a circuitului, corelate cu proiectarea acestuia, în vederea optimizării parametrilor de catalog.

CZ 621.3.013.5 : 621.32 : 621.392.4

LIMITATOR DE PUTERE DIODA PIN LINII PLANE

Buiculescu, V. ș. a. : Limitatoare/comutatoare de putere pentru microunde în tehnologie hibridă.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, nr. 4, decembrie 1989, p. 151

În lucrare se prezintă modul de realizare a unui limitator de putere de bandă largă cu diode PIN neincapsulate (cip), cu linii plane (microstrip și coplanare).

CZ 621.3.012.8 : 621.326.7

PROIECTARE CIRCUITE INTEGRATE POSTPROCESARE GENERATOR OPTIC DE RETICULE

Naș, A. ș. a. : PG — pachet de programe de postprocesare a layout-ului.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, nr. 4, decembrie 1989, p. 153

Se prezintă un algoritm de postprocesare a măștilor de circuite integrate destinat generării suportului magnetic pentru comanda unui generator optic de reticule. Algoritmul se bazează pe examinarea și gruparea segmentelor verticale și oblice ale poligoanelor.

CZ 621.3.018 : 621.316.5

SINTETIZOR CIRCUITE ELECTRONICE

Manasiu, D. : Sintetizor sinusoidal de joasă frecvență.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, nr. 4, decembrie 1989, p. 155

Legat de realizarea unui sintetizor de joasă frecvență cu distorsiuni reduse, timpi de stabilire ai amplitudinii mici și utilizarea manuală simplă, se prezintă utilizarea unor componente autohtone în scheme inedite : mixer dublu fără filtre de ieșire, comutator analogic cu FET având poarta în conducție pentru reducerea rezistenței în modul închis, detector polifazat cu undulații mici la ieșire, sistem de variație cvasicontinuă a frecvenței și tensiunii cu magnet rotitor și dispozitive Hall.

CZ 681.332 : 621.793

FIABILITATE METALIZĂRI ENERGII DE ACTIVARE

Sloica, A. ș. a. : Evaluarea energiilor de activare pentru mecanismele de defectare apărute la nivelul metalizării circuitelor integrate și tranzistoarelor de radiofrecvență.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, nr. 4, decembrie 1989, p. 157

Au fost determinate energiile de activare pentru mecanismele de defectare apărute la nivelul metalizării de aluminiu pentru circuite integrate și tranzistoare de radiofrecvență, supuse la stress de temperatură-polarizare și temperatură umiditate-polarizare. Mecanismele de defectare observate au fost : electromigrare, interacțiune Al-Si și coroziunea traseelor. Au fost calculate energiile de activare folosind o distribuție log-normală.

CZ 621.396.2 : 621.314.2

CONFIGURAȚIE DARLIGTON MODULE CU TRANZISTOARE

Sdrulla, D. ș. a. : Studii de optimizare a configurației interne a modului de 300 A și 1000 V cu tranzistoare.

E. E. A. — *Automatica și electronica* 33, nr. 4, decembrie 1989, p. 159

În lucrare sunt prezentate rezultatele experimentale privind construcția, tehnologia și performanțele electrice statice ale modulelor de 300 A și 1000 V, realizate în configurație Darlington, având conectată o diodă rapidă între colectorul și emitorul tranzistorului „de forță”.

CZ 621.316.5 : 621.311.1

CIRCUIT INTEGRAT INTERFAȚĂ AUTOMATIZARE

Râpeanu, R. ș. a. : Circuite integrate de interfață pentru automate programabile.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, nr. 4, decembrie 1989, p. 161

Controlul proceselor industriale cu automate booleene reclamă existența unor circuite de interfață, între parametrii



electrici de proces și cei ai circuitelor digitale (TTL, CMOS) din sistemul automat. Se propune tipizarea aplicațiilor de interfațare cu ajutorul a două circuite integrate originale (interfață de intrare, respectiv ieșire), prezentându-se schemele bloc și principalele lor funcții.

CZ 621.313.3 : 621.3.027

REFERINȚA DE TENSIUNE
COMPENSARE TERMICĂ
JONCTIUNE PN

Veron, A. ș.a. : Un proces de realizare a diodelor referință de tensiune termocompensate.

E.E.A. — Automatica și electronica 33, nr. 4, decembrie 1989, p. 163

În lucrare este propus un nou proces de realizare a unor referințe de tensiune termocompensate prin integrarea verticală a unei joncțiuni Zener de 5,6 V în serie cu o joncțiune pn polarizată direct. Procese standard din fabricația circuitelor integrate bipolare permit realizarea celor două joncțiuni pe aceeași față a unei structuri semiconductoare unice și minimizarea coeficientului de temperatură al tensiunii de referință. Prin ajustarea parametrilor de proces rezistența dinamică a diodei la curentul de lucru impus poate fi redusă la valori foarte mici, iar străpungerea Zener de volum asigură un zgomot redus și o bună stabilitate în timp a tensiunii de referință.

CZ 621.3.085 : 621.396.2 : 621.315

DISPOZITIVE SEMICONDUCTOARE DE PUTERE
MODULE DE PUTERE
CERAMICĂ PLACATĂ

Peleanu, M. ș.a. : Dispozitive semiconductoare în tehnologie BCP.

E.E.A. — Automatica și electronica 33, nr. 4, decembrie 1989, p. 165

Se prezintă o tehnologie de realizare a dispozitivelor semiconductoare de putere cu Baza de Ceramică Placată (BCP) și o aplicație a acestei tehnologii ce a condus la realizarea unei punți monofazate în tehnologie BCP, având un curent mediu redresat de 25 A. Comparând performanțele și dimensiunile punților monofazate realizate, cu cele ale unei punți realizate în tehnologie clasică se pun în evidență importante reduceri de consumuri materiale și dimensionale, la performanțe identice în favoarea variantei realizate în tehnologia BCP, ceea ce o recomandă ca o tehnologie a viitorului pentru fabricația dispozitivelor semiconductoare de putere.

CZ 621.395.9 : 621.392.4

DIFUZIE DE AUR ȘI PLATINĂ
DIODA DE MARE PUTERE, MICĂ PUTERE
CARACTERISTICA „SOFT”

Lakatoș, E. ș.a. : Aspecte privind tehnologia de obținere a diodelor rapide, de putere : difuzie de aur și de platină.

E.E.A. — Automatica și electronica 33, nr. 4, decembrie 1989, p. 166

Lucrarea prezintă limitele de aplicare a două procedee de obținere a diodelor redresoare de putere, rapide, difuzia de Au și Pt, pentru două categorii de dispozitive : de mare, respectiv mică putere. Pentru diodele de mare putere, realizate pe siliciu monocristalin (111), tip N, rezistivitatea $85 \pm 10 \Omega \text{cm}$, se analizează efectele grosimii bazei ($W = 120, 340 \mu\text{m}$) și ale temperaturii tratamentului grosimii de rapidizare ($T = 830^\circ\text{C}, 870^\circ\text{C}$), asupra formei caracteristicii de revenire în blocare. Diodele de mică putere, realizate pe siliciu monocristalin (111), tip N, rezistivitate $35-50 \Omega \text{cm}$, s-au folosit pentru studiul căderii de tensiune în conducție directă, observându-se o creștere mai pronunțată a tensiunii directe în cazul difuziei de Pt, comparativ cu difuzia de Au, în special la valori ale $t_{rr} \leq 3 \mu\text{s}$.

CZ 621.318.79 : 621.218

PROIECTAREA FILTRELOR ACTIVE
FILTRE „TRECE-BANDĂ” ȘI „REJECTIE DE BANDĂ”
FUNCTII DE TRANSFER

Popescu, B. ș.a. : Exemple de proiectare a filtrelor active utilizând circuitele integrate hibride H 951 și H 952 — filtre active universale. II. Filtre „trece-bandă” și „rejecție de bandă”.

E.E.A. — Automatica și electronica 33, nr. 4, decembrie 1989, p. 170

În lucrare sînt prezentate exemple reprezentative de proiectare a filtrelor „trece-bandă” și „rejecție de bandă” utilizînd circuitele integrate hibride H 951 și H 952 — filtre active universale. După unele considerații teoretice sînt date calculele de proiectare și schemele electrice corespunzătoare. În fiecare caz funcțiile de transfer au fost obținute pe 3 căi diferite : (i) prin trasarea cu calculatorul a funcției de transfer teoretice ; (ii) prin simularea cu calculatorul a schemei electrice detaliate și (iii) prin ridicarea caracteristicilor utilizînd circuitelor realizate practic. În final rezultatele obținute sînt analizate comparativ.

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof. dr. ing. C. APETREI ; dr. ing. I. BĂTRINA ; dr. ing. V. BUNEA ; prof. dr. ing. V. CĂTUNEANU ; ing. V. CEONICĂ ; prof. dr. doc. șt. teh. ing. V. CORLĂTEANU ; acad. prof. dr. ing. M. DRĂGĂNESCU ; prof. dr. ing. M. HANGANUT ; prof. dr. doc. șt. tehn. ing. G. HORTOPAN ; ing. I. ILIESCU ; ing. V. LEFTER ; prof. dr. ing. C. MOCANU ; prof. dr. ing. A. NICOLAIDE ; ing. A. POPA ; dr. ing. VALERIUS STANCIU, redactor resp. adjunct ; dr. ing. FLORIN TEODOR TĂNĂSESCU, redactor responsabil.

Redactor principal : VIORICA ANASTASESCU

Tehnoredactor : CORNELIA CRISTESCU

СОДЕРЖАНИЕ

УДК 621.3.014

ТРАНЗИСТОР СТАТИЧЕСКОЙ ИНДУКЦИИ КОНСТРУКЦИЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Постолаке, К. и др.: Транзистор статической индукции. Вторая часть — конструкция и технология.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 33, № 4, декабрь 1989 г., стр. 143

В работе представляются разные конструктивные варианты конструкции транзистора статической частоты. Для каждого конструктивного решения описаны технология производства с последствиями на электрические преимущества устройства.

УДК 621.3.014.669.7: 621.3.044

МОНОМЕТРИЧЕСКАЯ МЕМБРАНА МОНОКРИСТАЛЛЬНЫЙ КРЕМНИЙ ТРАНЗИСТОРЫ ИЗ ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ГЕРМАНИЯ

Бредяну-Кригэ, А. и др.: Тонкослойный пьезосопротивленный датчик на кремниевой мембране.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 33, № 4, декабрь 1989 г., стр. 148

Представляется пьезосопротивленный датчик повышенной чувствительности, использующий в качестве эластического элемента монокристалльную кремниевую мембрану, а в качестве пьезосопротивленного активного элемента полупроводниковый материал в виде тонкого слоя. Устройство можно применять в области давлений 1—760 торр.

УДК 621.316.2: 621.313.04

ИСТОЧНИК ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ ИНТЕГРАЛЬНАЯ МОНОЛИТНАЯ ЦЕПЬ

Тэнасе, Г. и др.: Интегральная цепь для контроля переключенного источника β TDA 2581/2582.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 33, № 4, декабрь 1989 г., стр. 150

Интегральные цепи β TDA 2581/2582 предназначены контролю переключенного источника радиотелевизионного приемника, одновременно, обеспечивая управление горизонтальной развертки. [Выявляются некоторые виды оригинального анализа цепи, соотношенные с проектированием цепи, с целью оптимизации параметров из каталога.

УДК 621.3.013.5: 621.32: 621.892.4

ОГРАНИЧИТЕЛЬ МОЩНОСТИ ДИОДА ПИН ПЛОСКИЕ ЛИНИИ

Буйкулеску, В. и др.: Ограничители/коммутатор мощности для микроволн в гибридной технологии.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 33, № 4, декабрь 1989 г., стр. 151

В работе представляется способ создания ограничителя мощности широкого диапазона диод ПИН неполностью закрытыми с плоскими линиями (микрополоски и копланарные).

УДК 621.3.012.8: 621.326.7

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ ПОСЛЕОБРАБОТЫВАНИЕ ОПТИЧЕСКИЙ СЕТЧАТЫЙ ГЕНЕРАТОР

Наш, А. и др.: РС — пакет программ послеобработки макета.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 33, № 4, декабрь 1989 г., стр. 153

Представляется алгоритм послеобработки макета интегральных цепей, предназначен генерированию магнитной державки для управления оптического сетчатого генератора. Алгоритм основан на рассмотрении и группировании вертикальных сегментов и наклонных сегментов полигонов.

УДК 621.3.018: 621.316.5

СЕНТИСИНТЕТИЗАТОР ЭЛЕКТРОННЫЕ СХЕМЫ

Манасиу, Д.: Синусоидальный синтезатор низкой частоты.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 33, № 4, декабрь 1989 г., стр. 155

В связи с созданием синтезатора низкой частоты с униженными искажениями, малым временем установления амплитуды и простым ручном употреблением, представляется применение туземных составляющей в новых схемах: двойной смеситель без выходных фильтров, аналоговой коммутатор с ГЕТ, имея вход проводимости для уменьшения сопротивления в закрытом виде, монофазный детектор с малыми колебаниями при выходе, квазипостоянной системой колебаний частоты и напряжения с вращающим магнитом и устройствами Халла.

УДК 621.332: 621.793

НАДЕЖНОСТЬ МЕТАЛЛИЗАЦИИ ЭНЕРГИИ АКТИВАЦИИ

Стойка, А. и др.: Оценивание энергии активации для механизмов деффекирования, появившихся на уровне металлизации интегральных схем и транзисторов радиочастоты.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 33, № 4, декабрь 1989 г., стр. 157

Определились энергии активации для механизмов деффекирования, появляющихся при металлизации с алюминием для интегральных схем и транзисторов радиочастоты, подвергающихся стрессу из-за температуры-полирования и температуры-влажности-полирования. Механизмы деффекирования которые рассматривались: электромиграция, взаимодействие Al—Si и коррозия трасс. Расчитались энергии активации используя логико-нормальное распределение.

УДК 621.396.2: 621.314.2

КОНФИГУРАЦИЯ ДАРЛИНГТОН ТРАНЗИСТОРНЫЕ МОДУЛИ

Сдрулла, Д. и др.: Исследования оптимизации внутренней конфигурации модуля 300 А и 1000 В с транзисторами.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 33, № 4, декабрь 1989 г., стр. 159

В работе представляются экспериментальные результаты о конструкции, технологии и статических электрических преимуществ модулей 300 А и 1000 В, созданных в конфигурации Дарлингтон, имея присоединенный

скоростной диод между коллектором и эмитером „мощного“ транзистора.

УДК 621.316.5: 621.311.1

ИНТЕГРАЛЬНАЯ СХЕМА ИНТЕРФЕЙС АВТОМАТИЗАЦИЯ

Рычану, Р. и др.: Интерфейсные интегральные схемы для программирующих автоматов.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 33, nr. 4, декабрь 1989 г., стр. 161

Контроль промышленных процессов с булевыми автоматами, вызывает необходимость наличия интерфейсных схем, среди процессных электрических параметров и параметров дигитальных схем (TTL CMOS) из автоматной системы. Предлагается типизирование применений интерфейсирования при помощи двух оригинальных интегральных схем (входной интерфейс, именно выходной), представляя блок-схемы и главные их функции.

УДК 621.313.3: 621.3.027

ЭТАЛОННОЕ ОПОРНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ ТЕРМИЧЕСКИЙ КОМПЕНСАТОР ПЕРЕХОД ТИПА ПН

Верон, А. и др.: Процесс создания диод эталонного опорного напряжения термокомпенсирующих.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 33, №4, декабрь 1989 г., стр. 163

В работе предлагается новый процесс создания термокомпенсирующих диод эталонного опорного напряжения вертикальным интегрированием одного перехода типа Зенер 5,6 В последовательно с прямо поляризованным переходом типа ПН. Стандартные процессы изготовления двухполосных интегральных схем позволяют осуществление этих двух переходов на той же стороне (лицевая часть) единичной полупроводниковой структуры и минимализацию температурного коэффициента эталонного опорного напряжения. Доведением до точных параметров процесса динамическое сопротивление диоды при заданном рабочем токе может быть униженное до самых малых величин, а объемное прокивание типа Зенер обеспечивает уменьшенный шум и хорошую устойчивость во времени эталонного опорного напряжения.

УДК 621.3.085: 621.396.2: 621.315

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ УСТРОЙСТВА МОЩНОСТИ МОЩНЫЕ МОДУЛИ ПЛАКИРОВАННАЯ КЕРАМИКА

Пеляну, М. и др.: Полупроводниковые устройства в технологии ВСР.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 33, № 4, декабрь 1989 г., стр. 165

Представляется технология изготовления мощных полупроводниковых устройств с основой из плакированной керамики (ВСР) и применение этой технологии, при помощи которой создавался однофазный мост в технологии ВСР, имея средний выпрямительный ток 25 А. Сравнивая преимущества и размеры полученных однофазных мостов с теми одного моста, полученного в классической технологии выявляются важные уменьшения расходов материалов и уменьшение размеров при одинаковых преимуществах в пользу изготовленного варианта в технологии ВСР, то что рекомендует её как технологией будущего в области производства мощных полупроводниковых устройств.

УДК 621.395.9: 621.392.4

ДИФФУЗИЯ ЗОЛОТА И ПЛАТИНЫ ДИОД БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ МАЛОЙ МОЩНОСТИ ХАРАКТЕРИСТИКА „СОРТ”

Лакатош, Е. и др.: Аспекты о технологии создания мощных быстрых диод: диффузия золота и платины.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 33, № 4, декабрь 1989 г., стр. 166

В работе представляются пределы применения двух способов создания мощных выпрямительных диодов, быстрых, диффузия золота и платины для двух категорий устройств: большой и малой мощности. Для диодов большой мощности, изготовленных на монокристалльном кремнии (III), типа N, удельное сопротивление $85 \pm 10 \Omega \text{см}$, рассматриваются эффекты толщины основы ($W=120, 340 \text{ мм}$) и температуры обработки стремительности ($T = 830^\circ \text{C}$) на вид характеристики восстановления в блокировке. Диоды малой мощности, изготовленных на основе монокристалльного кремния (III), типа N, удельное сопротивление $35-50 \Omega \text{см}$, использовались при исследовании падения напряжения в прямой проводимости, наблюдаясь более высокий прирост прямого напряжения в случае диффузии платины, по сравнению с диффузией золота, в особенности при величинах $T_{rr} \leq 3/\mu \text{с}$.

УДК 621.318.79:621-218

ПРОЕКТИРОВАНИЕ АКТИВНЫХ ФИЛЬТРОВ ПОЛОСОВОЙ ФИЛЬТР И ФИЛЬТР ПОЛОСОЗАГРЯЖДАЮЩИЙ ПЕРЕДАТОЧНЫЕ ФУНКЦИИ

Попеску, Б. и др.: Примеры проектирования активных фильтров применяя гибридные интегральные схемы X 951 и H 952 — универсальные активные фильтры. II. Полосовые и полосозагрязняющие фильтры.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 33, № 4, декабрь 1989 г., стр. 170

В работе представляются примеры проектирования полосовых и полосозагрязняющих фильтров, применяя гибридные интегральные схемы H 951 и H 952 — универсальные активные фильтры. По некоторыми теоретическими соображениями представляются расчёты проектирования и соответствующие электрические схемы. В каждом случае передаточные функции получились 3-ми разными способами: (i) нанесением при помощи ЭВМ теоретической передаточной функции; (ii) моделированием при помощи ЭВМ подробной электрической схемы и (iii) повышением характеристик используя практически созданные схемы. В конце, сравнительно, рассматриваются полученные результаты.

INHALT

DK 62 . 0 4

TRANSISTOR MIT STATISCHER INDUKTION AUFBAU TECHNOLOGIE

Postolache, C. u.a.: Transistor mit statischer Induktion. Zweiter Teil. Aufbau und Technologie.

Е.Е.А. — *Automatica și electronica* 33, Nr. 4, Dez 1989, S. 143

Die Arbeit stellt verschiedene konstruktive Varianten des Transistors mit statischer Induktion, dar. Für jede konstruktive Lösung beschreibt man die Entwicklungstechnologie und ihre Beiträge mit elektrischen Performanzen.

DK 621.3.014.669.7 : 621.3.044

MONOMETRISCHES MEMBRAN
MONOKRISTALINES SILIZIUM
TRANSISTOREN AUS POLYKRISTALLINEM GERMA-
NIUM

Brădeanu-Creangă, A. u.a. : Piezoresistiver Fühler aus schma-
len Schichten auf das Siliziummembran.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, Nr. 4, Dez 1989,
S. 148

Man beschreibt einen hochempfindlichen piezoresistiven
Fühler, der als elastisches Element eine Monokristallinmem-
brane mit Silizium verwendet und als aktives piezoresistives
Element ein Halbleiterwerkstoff mit schmaler Schicht. Das
Gerät verwendet man in einem Druckbereich von 1—760 Torr.

DK 621.316.2 : 621.313.04

KOMMUTIERUNGSQUELLE
MONOLITISCHER SCHALTKREIS

Tănase, G. u.a. : Integrierter Schaltkreis für die Kontrolle der
Quellenkommutierung β TDA 2581/2582.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, Nr. 4, Dez 1989,
S. 150

Die integrierten Schaltkreis β TDA 2581/2582 gehören
einer Quellenkontrolle in der Kommutation eines TV-Emp-
fängers, wobei gleichzeitig auch die Steuerung einer waa-
gerechten Ablenkung gesichert wird. Es werden einige Aspe-
kte der originellen Analyse des Schaltkreises beschrieben,
die mit dessen Entwurf zusammenhängen, usw. für die Opti-
mierung der Katalogparameter.

DK 621.3.013.5 : 621.32 : 621.392.4

LEISTUNGSBERGRENZER
DIODE PIN
EBENE LINIEN

Buiculescu, V. u.a. : Begrenzer/Leistungsumschalter für Mikro-
wellen in Hybrid-technologie.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, Nr. 4, Dez 1989,
S. 151

In der Arbeit beschreibt man die Entwicklungsweise eines
breitbandigen Leistungsbegrenzer mit nichtgekapselter PIN
Diode (Cip), mit ebenen Linien (Microstrip und Komplana-
tion).

DK 621.3.012.8 : 621.326.7

SCHALTKREIS ENTWURF
POSTPROZESSOREN
OPTISCHER GITTERGENERATOR

Naș, A. u.a. : PG Programmpakete mit Postprozessoren des
Layout.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, Nr. 4, Dez 1989,
S. 153

Man stellt einen Postprozessoralgorithmus des Schalt-
kreismasken für die Generierung des magnetischen Halters
und die Steuerung eines optischen Gittergenerators, dar.
Der Algorithmus hat als Grundlage die Prüfung und Anor-
dnung senkrechter und schräger Polygonsegmente.

DK 621.3.018 : 621.316.5

SYNTHETISOR
ELEKTRONISCHE SCHALTKREISE

Manasiu, D. u.a. : Sinusoidaler Niederfrequenz-Syntheti-
sor.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, Nr. 4, Dez 1989,
S. 155

Man stellt die Anwendung einiger eigenen Komponente in
ausgezeichneten Schemas, dar, u. z, w. im Zusammenhange
eines Niederfrequenzsynthesisor mit geringen Verzerrungen,
Feststellungszeiten der kleinen Amplitude und einfache hand-
betriebliche Anwendung; die Schemas bestehen aus : Doppel-
mixer ohne Ausgangsfilter, analogischer Schalter mit FET,
dessen Tor in Konduktion ist, für die Widerstandsverminde-
rung im geschlossenem Modul, polyphasischer Detektor mit
kleinen Welligkeiten am Ausgang, halbkontinuierlicher Varia-
tionssystem der Frequenz und der Spannung mit drehba-
rem Magnet und Geräte Hall.

DK 681.332 : 621.793

ZUVERLÄSSIGKEIT
METALLISIERUNGEN
ENERGIEAKTIVIERUNG

Stoica, A. u.a. : Bewertung der Aktivierungsenergien für Stör-
mechanismen die beim Metallisierungsniveau der Schalt-
kreise und der Radiofrequenztransistoren erschienen sind.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, Nr. 4, Dez 1989,
S. 157

Es werden die Aktivierungsenergien für Störmechanis-
men, die beim Metallisierungsniveau des Aluminiums für
Schaltkreise und Radio — frequenztransistoren erschienen
sind, die dem Stress der Polarisation-Temperatur und Tem-
peratur-Feuchte-Polarisation untersezt sind, bestimmt. Die
beobachteten Störmechanismen waren folgende : Elektromi-
gration, Wechselwirkung Al-Si und Wegkerrosion. Es wur-
den die Aktivierungsenergien berechnet, wobei man eine
log-normale Verteilung angewendet hat.

DK 621.396.2 : 621.314.2

KONFIGURATION DARLINGTON
MODULE MIT TRANSISTOREN

Sdrulla, D. u.a. : Optimierungsstudie der internen Konfigu-
ration des Moduls mit 300 A und 1000 V Transistoren.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, Nr. 4, Dez 1989,
S. 159

In der Arbeit werden die Experimentalergebnisse bezüglich
des Aufbaus der Technologie und der statischen elastischen
Performanzen der 300 A und 1000 V Module, die in der Dar-
lington Konfiguration hergestellt wurden, wobei sie eine
schnelle gebundene Diode zwischen dem Kollektor und dem
Transistorsender „hoher Leistung“, dargestellt.

DK 621.316.5 : 621.311.1

INTEGRIERTER SCHALTKREIS
SCHNITTSTELLE
AUTOMATISIERUNG

Răpeanu, R. u.a. : Schnittstellenschaltkreise für programmi-
erbare Automate.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, Nr. 4, Dez 1989,
S. 161

Die industrielle Prozesskontrolle mit Booleen Automate
benötigt die Existenz einiger Schnittstellenschaltkreise,
zwischen den elektrischen Prozessparameter und denje-
nigen der digitalen Schaltkreise (TTL, CMOS) aus dem auto-
matischen System. Man schlägt eine Typisierung der Schnitt-

stellenanwendungen mit Hilfe von zwei originellen Schaltkreise vor (Eingangs/Ausgangsschnittstelle) wobei man die Blockschemas, ihre bedeutenden Funktionen, darstellt.

DK 621.313.3 : 621.3.027

BEZUGSSPANNUNG
THERMISCHER KOMPENSATION
ANSCHLUSS PN

Veron, A. u.a.: Ein Entwicklungsprozess der Dioden, Bezugsspannung thermokompensiert.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, Nr. 4, Dez 1989, S. 163

In der Arbeit wird ein neuer Entwicklungsprozess einiger thermokompensierter Bezugsspannungen durch senkrechte Integrierung eines Zener Anschlusses von 5,6 V in Serie mit einem direkten Polarisationsanschlusses, pn, vorgeschlagen. Die Standardprozesse der bipolaren Schaltkreisentwicklung der zwei Anschlüsse auf derselben Seite einer Halbleiterstruktur, gebant sein als auch die Reduzierung des Temperaturbeiwertes der Bezugsspannung ermöglichen. Durch die Justierung der Prozessparameter kann man den dynamischen Widerstand der Diode beim Soll-Arbeitsstrom bis zu sehr kleinen Werte reduzieren und der Zener-Volumdurchgang sichert ein geringes Geräusch und eine gute zeitliche Stabilität der Bezugsspannung.

DK 621.3.085 : 621.396.2 : 621.315

LEISTUNGSHALBLEITERGERÄTE
LEISTUNGSMODULE
PLATTIERTE KERAMIK

Peleanu, M. u.a.: Halbleitergeräte in der BCP-Technologie. E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, Nr. 4, Dez 1989, S. 165

Es wird eine Entwicklungstechnologie der Leistungshalbleitergeräte für die plattierte Keramik Grundlage (BCP) und eine Anwendung dieser Technologie dargestellt, die zu der Entwicklung einer monophasischen Brücke in der BCP-Technologie führt, die einen gleichgerichteten Mittelstrom von 25A besitzt. Wenn man die Performanzen und Dimensionen der entwickelten monophasischen Brücken, mit denjenigen einer in der klassischen Technologie entwickelten Brücke vergleicht, werden bedeutende materielle und dimensionelle Verbrauchsreduzierungen bei identischen Performanzen, die in der BCP-Technologie entwickelte Variante, hervorgezogen; diese wird als eine Zukunftstechnologie für die Entwicklung der Leistungshalbleitergeräte vorgeschlagen.

DK. 621.395.9 : 621.392.4

GOLD — UND PLATINSTREUUNG
KLEINE/GROSSE LEISTUNGSDIODE
„SOFT“ — CHARAKTERISTIK

Lakatoș, E. u.a.: Aspekte bezüglich der Erhaltungstechnologie der schnellen Leistungsdioden. Gold — und Platinstreuung.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, Nr. 4, Dez 1989, S. 166

Die Arbeit beschreibt die Einsatzbegrenzungen von zwei Erhaltungsverfahren der gleichgerichteten, schnellen Leistungsdioden, die Gold — und Platinstreuung für zwei Gerätearten: hohe und niedere Leistung. Für die Hochleistungsdioden auf monokristallinem Silizium hergestellte (111), Typ N, mit spezifischem Widerstand $85 \pm 10 \Omega \text{ cm}$, analysiert man die Effekte der Basisdicke ($W = 120, 340 \mu\text{m}$) und der Temperatur Schnellbehandlung ($T = 830^\circ\text{C}, 870^\circ\text{C}$) auf die Form der Sperr-Rückkehrcharakteristik. Die auf monokristallinem Silizium hergestellten Dioden kleiner Leistung (111), Typ N, mit einem spezifischen Widerstand von $35-50 \Omega \text{ cm}$, verwendet man für diese Studie des Spannungsabfalls in direkter Schaltung, wobei man eine bessere direkte Spannungssteigerung im Fall der Pt-Streuung beobachtet, wobei man sie mit der Au-Streuung bei $t_{rr} \leq 3 \mu\text{s}$ Spezialwerte, vergleicht.

DK 621.318.74 : 621.218

ENTWURF DER AKTIVEN FILTER
„BANDPASSFILTER“ UND „BANDUNTERDRÜCKUNG“
ÜBERTRAGUNGSFUNKTIONEN

Popescu, B. u.a.: Entwurfsbeispiele der aktiven Filter wobei man hybride Schaltkreise H 951 und H 952 — universelle aktive Filter verwendet. II. „Bandpassfilter“ und „Bandunterdrückung“

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, Nr. 4, Dez 1989, S. 170

Die Arbeit bezieht sich auf repräsentative Entwurfsbeispiele der Bandpassfilter, wobei man hybride Schaltkreise H 951 und H 952 universell aktive Filter verwendet. Nach einigen theoretischen Aufgaben ergeben sich Entwurfsberechnungen und deren entsprechende elektrische Schemas. In jedem Fall erhielt man die Übertragungsfunktionen auf drei verschiedenen Arten: (i) durch die Festlegung einer mit Hilfe des Rechners, theoretische Übertragungsfunktion; (ii) durch die Simulation mit Hilfe des Rechners eines breiten elektrischen Schemas und (iii) Steigerung der Charakteristiken wo man praktisch die Schaltkreise verwendet. Schliesslich werden die erhaltenen Ergebnisse vergleichend analysiert.

CONTENTS

DC 621.3.014

STATIC INDUCTION TRANSISTOR
CONSTRUCTION
TECHNOLOGY

Postolache, C. a.o.: Static Induction Transistor. Part II: Construction and Technology.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, nr. 4, dec 1989, p. 143

The paper presents different constructive variants for the static induction transistor. For each constructive solution, the manufacturing technology is described, together with the implications on the electrical performances of the device.

DC 621.3.014:669.7 : 621.3.004

MONOMETRIC MEMBRANE
SINGLE-CRYSTAL SILICON
POLY-CRYSTALLINE GERMANIUM TRANSISTORS

Brădeanu-Creangă, A. a.o.: Piezo-resistive Sensor Made of Thin Layers on Silicon Membrane.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, nr. 4, dec 1989, p. 148

The paper presents a high-sensitivity piezo-resistive sensor that uses as the elastic element a single-crystal silicon membrane and as the active piezo-resistive element a thin layer of semi-conductive material. The device may be used in the 1—760 torr range.

DC 621.316.2:621.313.04

SOURCE IN COMMUTATION
MONOLITIC I. C.

Tănase, G. a.o.: I.C. for the Control of a Source in Commutation $\beta\text{TDA } 2581/2582$.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, nr. 3, dec 1989, p. 150

The $\beta\text{TDA } 2581/2582$ I. C. are aimed at controlling a source in commutation of a TV receiver, ensuring, at the same time, the control of the horizontal scanning. The paper stresses some aspects of the circuit original analysis, correlated to its design in view to improve the catalogue parameters.

DC 621.3.013.5 : 621.32 : 621.392.4

POWER LIMITER
PIN DIODE
STRIP LINES

Buculescu, V. a.o.: Power Limiters/Commutators for Microwave in Hybrid Technology.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, nr. 4, dec 1989, p. 151

The paper presents the manufacturing of a broadband power limiter with PIN diodes (cip), with strip lines (micro-strip and co-planar).

DC 621.3.012.3 : 621.326.7

I. C. DESIGN
POST-PROCESSING
RETICLEOPTICAL GENERATOR

Naș, A. a.o.: Post-Layout Processing programme package. E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, nr. 4, dec 1989, p. 153

The paper presents a post-processing algorithm for the I. C. masks, for the generation of the magnetic base for the control of a reticle optical generator. The algorithm is based on the study and grouping of vertical and diagonal segments of the polygons.

DC 621.3.018 : 621.316.5

SYNTHESIZER
ELECTRONICAL CIRCUITS

Manasiu, D.: Low Frequency Sinusoidal Synthesizer.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, nr. 4, dec 1989, p. 155

On the manufacture of a low frequency, low distribution synthesizer, with small amplitude, setting time and with a simple manual use, the paper presents the use of some indigenous components in original schemes: double mixer without output filters, analog switch with FET, having the gate in conduction to reduce the resistance in the closed module, poly-phase detector with small oscillation at the output, frequency and voltage semi-continuous variation system with rotating magnet and Hall device.

DC 681.332 : 621.793

RELIABILITY
METAL PLATING
ACTIVATION ENERGIES

Stoica, A. a.o.: Evaluation of the Activation Energies for the Failure Mechanisms Occuring at the metallization of the ICs and the Radio-frequency Transistors.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, nr. 4, dec 1989, p. 157

The activation energies for the failure mechanisms occuring at the Al metallization for ICs and radio-frequency transistors, subject to temperature-polarization and temperature-humidity-polarization stress, have been determined. The failure mechanisms studied have been: electro-migration, Al-Si interaction and path corrosion. The activation, Al-Si interaction and path corrosion. The activation energies have been computed using a log-normal distribution.

DC 621.396.2 : 621.314.2

DARLINGTON CONFIGURATION
MODULES WITH TRANSISTORS

Sdrulla, D. a.o.: Optimization Studies of the Internal Configuration of the 300 A and 1,000 V Module with Transistors.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, nr. 4, dec 1989, p. 159

The paper presents the experimental results on the construction, technology and electrical statical performances of

the 300 A, 1,000 V modules, done in Darlington configuration, having a fast diode connected between the collector and the emitter of the „power” transistor.

DC 621.316.5 : 621.311.1

INTERFACE
AUTOMATION

Răpeanu, R. a.o.: Interface ICs for Programmable Automations.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, nr. 4, dec 1989, p. 161

The control of the industrial processes by means of Boolean automations require the existence of some interface circuits, between the process electrical parameters and those of the digital circuits (TTL, CMOS) in the automatic system. The paper suggests the typization of the interface applications by means of two original ICs (input and output interface) presenting the block diagrams and their main functions.

DC 621.313.3 : 621.3.027

VOLTAGE REFERENCE
THERMAL COMPENSATION
PN JUNCTION

Veron, A. a.o.: A Manufacturing Process for Thermocompensated Reference Voltage Diodes.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, nr. 4, dec 1989, p. 163

The paper suggests a new process to manufacture the thermocompensated voltage references by vertically integrating a Zener junction of 5.6 V in series with a directly polarized PN junction. Standard processes in the manufacturing of the bipolar IC allow for the manufacturing of the two junctions on the same face of a unique solid-state structure and for minimizing the reference voltage temperature coefficient. By setting the process parameters, the dynamic resistance of the diode at the imposed working current may be reduced to very small values, and the Zener volume break down ensures a reduced noise and a good time stability at of the reference voltage.

DC 621.3.085 : 621.396.2 : 621.315

POWER SOLID-STATE DEVICES
POWER MODULES
PLATED CERAMICS

Peleanu, M. a.o.: Solid-state Devices in BCP Technology.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, nr. 4, dec 1989, p. 165

The paper presents a technology to manufacture the power solid-state devices with Plated Ceramic Base (BCP) and an application of this technology, that lead to the achievement of a one-phase bridge in BCP technology, having a rectified average current of 25 A. Comparing the performances and the size of the manufactured one-phase bridge with those of a bridge manufactured in classical technology, important materials consumption and size reduction are underlined at identical performances, in favor of the variant manufactured in the BCP technology, recommending it as a technology of the future for the manufacture of the power solid-state devices.

DC 621.395.9 : 621.392.4

GOLD AND PLATINUM DIFFUSION
HIGH POWER, LOW POWER DIODE
„SOFT” CHARACTERISTIC

Lakatoş, E. a.o. : Certain Aspects Concerning the Technology to Manufacture the Fast Power Diodes : Gold and Platinum Diodes.

E.E.A. — Automatica şi electronica 33, nr. 4, dec 1989, p. 166

The paper presents the application limits of two ways of manufacturing the fast, powerful rectifying diodes, the gold and platinum diffusion, for two groups of devices : high and low power, respectively. For the high power diodes, made on single crystal silicon (111) N type, resistivity $85 \pm 10 \Omega \text{ cm}$, the effects of the base thickness ($W=120,340 \mu$) and of the temperature of the quickening treatment ($T=830^\circ\text{C}, 870^\circ\text{C}$), upon the shape of the recovery characteristic in blocking are analysed. The low power diodes, made on single-crystal silicon (111), N type, resistivity $35-50 \Omega \text{ cm}$, have been used for the study for the voltage drop in direct conduction, noticing a more pronounced growth of the direct voltage in the case of the platinum diffusion, compared to the gold diffusion, mainly at the values of $t_{rr} \leq 3 \mu\text{s}$.

DC 621.318.79 : 621.218

ACTIVE FILTERS DESIGN
„PASS-BAND” AND „BAND REJECTION” FILTERS
TRANSFER FUNCTIONS

Popescu, B. a.o. : Examples of Active Filter Design, Using Hybrid ICs H 951 and H 952 — Universal Active Filters. II. „Pass Band” and „Band Rejection” Filters.

E.E.A. — Automatica şi electronica 33, nr. 4, dec 1989, p. 170

The paper presents representative design examples for the „pass-band” and „band rejection” filters, using the hybrid ICs H 951 and H 952 — universal active filters. After some theoretical considerations, the design computations and the corresponding electrical diagrams are given. In each case, the transfer functions have been obtained by 3 different means : (i) by computer tracing of the theoretical transfer function; (ii) by computer simulating the detailed electrical diagram, and (iii) by rising the characteristics using the manufactured circuits. In the end, the obtained results are comparatively analysed.

SOMMAIRE

CD 621.3.014

TRANSISTOR À INDUCTION STATIQUE
CONSTRUCTION
TECHNOLOGIE

Postolache, C. et.al. : Le transistor à induction statique. IIème partie, construction et technologie.

E.E.A. — Automatica şi electronica 33, nr. 4, décembre 1989, p. 143

Dans l'ouvrage on présente diverses variantes constructives du transistor à induction statique. Pour chaque solution constructive on décrit la technologie de fabrication à implications sur les performances électriques du dispositif.

CD 621.3.014 : 669.7 : 621.3.044

MEMBRANE MONOMETRIQUE
SILICIUM MONOCRISTALLIN
TRANSISTORS EN GERMANIUM POLICRISTALIN

Brădeanu-Creangă, A. et. al. : Capteur piésorésistif à couches minces sur membrane en silicium.

E.E.A. — Automatica şi electronica 33, nr. 4, décembre 1989, p. 148

On présente un capteur piésoélectrique de haute sensibilité qui utilise en tant qu'élément élastique une membrane en silicium monocristallin, et comme élément actif piésorésistif un matériel semiconducteur en couche mince. Le dispositif peut être utilisé dans le domaine de pression 1—760 torr.

CD 621.316.2 : 621.313.04

SOURCE DE COMMUTATION
CIRCUIT INTÉGRÉ MONOLITHIQUE

Tănase, G. et. a. : Circuit intégré pour le contrôle d'une source en commutation $\beta\text{TDA } 2581/2582$.

E.E.A. — Automatica şi electronica 33, nr. 4, décembre 1989, p. 150

Les circuits intégrés $\beta\text{TDA } 2581/2582$ sont destinés au contrôle d'une source en commutation d'un récepteur TV, en assurant, à la fois, la commande du balayage orizontal. On souligne quelques aspects de l'analyse originale du circuit, trouvés en corrélation avec la projection de celui-ci, en vue d'optimiser les paramètres de catalogue.

CD 621.3.013.5 : 621.32 : 621.392.4

LIMITATEUR DE PUISSANCE
DIODE PN
LIGNES MICRORUBAN

Buiculescu, V. et.al. : Limitateurs/commutateurs de puissance pour microondes en technologie hybride.

E.E.A. — Automatica şi electronica 33, nr. 4, décembre 1989, p. 151

Dans l'ouvrage on présente la mise en forme d'un limiteur de puissance à bande large à diodes PIN non-capsulées (cip), à lignes microruban (microstrip et coplanaires).

CD 621.3.012.8 : 621.326.7

PROJECTION DES CIRCUITS INTÉGRÉS
POSTPROCESSEURS
GÉNÉRATEUR OPTIQUE DE RÉTICULES

Naş, A. et.al. : PG-paquet de programmes de postprocesseurs du layout.

E.E.A. — Automatica şi electronica 33, nr. 4, décembre 1989, p. 153

On présente un algorithme de postprocesseurs des masques de circuits intégrés destinés à l'engendrement du support magnétique pour la commande d'un générateur optique de réticules. L'algorithme est basé sur l'investigation et le groupement des segments verticaux et obliques des polygones.

CD 621.3.018 : 621.316.5

SYNTHÉTISEUR
CIRCUITS ÉLECTRONIQUES

Manasiu, D. : Synthétiseur sinusoïdal de basse fréquence,

E.E.A. — Automatica şi electronica 33, nr. 4, décembre 1989, p. 155

En rapport avec la mise en forme d'un synthétiseur de basse fréquence à distorsions réduites, les temps d'établissement de l'amplitude réduite et l'utilisation manuelle simple, on pré-

sente l'utilisation de composants autochtones en schémas inédits; mixer double, sans filtres de sortie, commutateur analogique à FET, ayant la porte en conduction pour la réduction, de la résistance en module fermé, détecteur poli phasé à petites ondulations à la sortie, système de variation évasi-continue de la fréquence et de la tension à aimant rotatif et dispositifs Hall.

CD 681.332 : 621.793
FIABILITÉ
METALLISATIONS
ÉNERGIES D'ACTIVATION

Stoica, A. et al. : Evaluation des énergies d'activation pour les mécanismes de défaillance apparues au niveau de la métallisation des circuits intégrés et au transistors de radiofréquence.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, nr. 4, décembre 1989, p. 157

Ont été déterminées les énergies d'activation pour les mécanismes de dérèglement apparues au niveau de la métallisation, de l'aluminium pour les circuits intégrés et les transistors de radiofréquence, soumis au stress de température-polarisation et température-umidité-polarisation. Les mécanismes de défaillance observés ont été : l'électromigration, l'interaction, Al-Si et la corrosion des trajets. Ont été calculées les énergies d'activation en utilisant une distribution lognormale.

CD 621.396.2 : 621.314.2
CONFIGURATION DARLINGTON
MODULES À TRANSISTORS

Sdrulla, D. et al. : Etudes d'optimisation de la configuration interne du module à 300 A et 1000 V à transistors.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, nr. 4, décembre 1989, p. 159

Dans l'ouvrage on présente les résultats expérimentaux concernant la construction, la technologie et les performances électriques statiques des modules à 300 A et 1000 V, réalisées en configuration Darlington, en connexion avec une diode rapide entre le collecteur et l'émetteur du transistor „de force”.

CD 621.316.5 : 621.311.1
CIRCUIT INTÉGRÉ
INTERFACE
AUTOMATISATION

Răpeanu, R. et al. : Circuits intégrés d'interface pour des automates programmables.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, nr. 4, décembre 1989, p. 161

Le contrôle des processus industriels à automates Booléens exigent la présence de circuits d'interface, entre les paramètres électriques de procédés et ceux des circuits digitaux (TTL, CMOS) du système automate. On propose la standardisation des applications d'interface à l'aide de deux circuits originaux (interface d'entrée, respectivement de sortie), en se présentant les schémas bloc et leurs principales fonctions.

CD 621.313.3 : 621.3.027
RÉFÉRENCE DE TENSION
COMPENSATION THERMIQUE
JONCTION PN

Veron, A. et al. : Un procédé de réalisation des diodes références de tension thermocompensées.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, nr. 4, décembre, 1989, p. 163

Dans l'ouvrage on propose un nouveau procédé de réalisation de certaines références de tension thermocompensées par l'intégration verticale d'une jonction Zener de 5,6 V en série avec une jonction PN directement polarisée. Des procédés standardisés faisant partie de la fabrication des circuits intégrés bipolaires permettent la réalisation des deux jonctions sur la même face d'une structure semiconductrice unique et la minimisation du coefficient de température de la tension de

référence. Par l'ajustement des paramètres de procédés la résistance dynamique de la diode au courant de travail imposé peut être réduite à des valeurs très basses et le percement Zener de volume assure un bruit réduit et une bonne stabilité en temps de la tension de référence.

CD 621.3.085 : 621.396.2 : 621.351

DISPOSITIFS SEMICONDUCTEURS DE PUISSANCE
MODULES DE PUISSANCE
CERAMIQUE PLAQUEE

Peleanu, M. et al. : Dispositifs semiconducteurs en technologie BCP.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, nr. 4, décembre 1989, p. 165

On présente une technologie pour la mise en forme des dispositifs semiconducteurs de puissance à Base en Céramique Plaquée (BCP) et une application de cette technologie qui a mené à la mise en forme d'un pont monophasé en technologie BCP, ayant moyen redressé de 25 A. En comparant les performances et les dimensions des ponts monophasés réalisés, avec celles d'un pont réalisé en technologie classique, on met en évidence des réductions importantes de consommations de matériaux et de dimensions, à des performances identiques en faveur de la variante réalisée en technologie BCP, ce qui la montre comme une technologie de l'avenir pour la fabrication des dispositifs semiconducteurs de puissance.

CD 621.395.9 : 621.392.4

DIFFUSION EN OR ET PLATINE
DIODE DE GRANDE PUISSANCE, PETITE PUISSANCE
CARACTERISTIQUE „SOFT”

Lakatoș, E. et al. : Aspects concernant la technologie d'obtention des diodes rapides de puissance : diffusion en or et en platine.

E.E.A. — *Automatica și electronica* 33, nr. 4, décembre 1989, p. 166

L'ouvrage présente les limites d'application de deux procédés d'obtention des diodes redresseurs de puissance rapide, diffusion en or et platine, pour deux catégories de dispositifs : de grande et respectivement, petite puissance. Pour les diodes de grande puissance, réalisées sur silicium monocristallin (111), type N, la résistivité $85 \pm 10 \Omega \text{ cm}$, on analyse les effets de l'épaisseur de la base ($W = 120, 340 \mu\text{m}$) et de la température du traitement de rapidité ($T = 830^\circ\text{C}, 870^\circ\text{C}$), sur la forme caractéristique de revenu en blocage. Les diodes de petite puissance, réalisées, sur silicium monocristallin (111), type N, résistivité $35 - 50 \Omega \text{ cm}$, ont été utilisées, en vue de l'étude de la chute de tension en conduction directe, en observant une croissance plus accentuée de la tension directe en cas de diffusion Pt, par rapport à la diffusion en Au spécialement à des valeurs du $t_{rr} \leq 3 \mu\text{s}$.

CD 621.318.79 : 621.218

PROJECTION DES FILTRES ACTIFS
FILTRES „PASSE BANDE” ET „RÉJECTION DE BANDE”
FONCTIONS DE TRANSFER

Popescu, B. et al. : Exemples de projection des filtres actifs en utilisant les circuits intégrés hybrides H 951 et H 952 — filtres actifs universels. II. Filtres „passe-bande” et „réjection de bande”.

E. E. A. — *Automatica și electronica* 33, nr. 4, décembre 1989, p. 170

Dans l'ouvrage on donne des exemples représentatifs de projection des filtres „passe-bande” et „réjection de bande”, en utilisant les circuits intégrés hybrides H 951 et H 952 — filtres actifs universels. Après certaines considérations théoriques on donne les calculs de projection et les schémas électriques correspondants. Dans chaque cas, les fonctions de transfert ont été obtenues par trois voies différentes : (i) par traçage par ordinateur de la fonction de transfert théorique ; (ii) par simulation par ordinateur du schéma électrique détaillé et (iii) par l'élévation des caractéristiques par l'utilisation des circuits réalisés pratiquement. En conclusion, les résultats obtenus sont réalisés comparativement,

Revista „ELECTROTEHNICA, ELECTRONICA ȘI AUTOMATICA” (E.E.A.), organ al Ministerului Industriei Electrotehnice apare în cadrul Institutului de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Industria Electrotehnică (I.C.P.E.). Articolele propuse spre publicare și cererile de abonamente se vor trimite la redacția revistei, București, Calea Victoriei, nr. 133, telefon 50.40.90, int. 475 și 695, plata

abonamentelor făcându-se prin mandat poștal pe adresa: I.C.P.E., Bd. Tudor Vladimirescu, nr. 45—47, București, cont virament nr. 3017.003.01 BNRSR, filiala sector 5. Costul unui abonament anual pentru unități industriale și instituții, ca și pentru persoane particulare, este de 120 lei; nu se fac decât abonamente integrale. Costul unui exemplar — 10 lei.

Cititorii din străinătate care doresc să se aboneze la revista E.E.A. — ELECTROTEHNICA, ELECTRONICA ȘI AUTOMATICA se pot adresa Întreprinderii „ILEXIM” — departamentul export-import presă — București — Calea Griviței nr. 64—66. P.O.B. — 2001. — Telex 01.12.26

Tiparul :
Întreprinderea poligrafică UNIVERSUL
București, str. Brezoianu nr. 23—25, cd. 1630

ELECTROTEHNICA, ELECTRONICA ȘI AUTOMATICA

MINISTERUL INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE ȘI ELECTRONICE

AUTOMATICA ȘI ELECTRONICA nr. 4

CZ 621.3.014

TRANZISTOR CU INDUCȚIE STATICĂ
CONSTRUCȚIE
TEHNOLOGIE

Tranzistorul cu inducție statică. Partea a II-a: construcție și tehnologie

CONSTANTIN POSTOLACHE *, ADRIAN RUSU ** -BUCUREȘTI

Introducere

În prezent există mai multe tehnologii pentru realizarea structurii SIT, fiecare dintre acestea fiind utilizabilă la obținerea cu precădere a anumitor performanțe urmărite de către producător: putere mare, tensiune de blocare redusă, tensiune de străpungere drenă-sursă înaltă, câștig în blocare mare, frecvență de lucru ridicată etc.

Dintre aceste tehnologii se evidențiază în mod deosebit următoarele: (i) tehnologia cu poartă îngropată (BG-SIT), (ii) tehnologia cu poartă la suprafață (SG-SIT), (iii) tehnologia cu poartă retrasă (RG-SIT) și (iv) tehnologia cu poartă cu pereți verticali (VG-SIT).

Determinat de domeniul de utilizare prevăzut de același producător, precum și pentru același domeniu, dar la producători diferiți, fiecare dintre aceste tehnologii se poate realiza în variante specifice, între care apar diferențe privind procesele prin care se realizează anumite componente ale structurii, între modul de organizare a secvențelor de procesare sau între materialele utilizate pentru realizarea anumitor componente.

Indiferent de tehnologia aplicată, dar având în vedere obținerea unor performanțe ridicate, se urmărește să se realizeze practic canale de injecție a purtătorilor de grosime cât mai redusă. Numai în acest mod se poate obține pe unitatea de arie un număr cât mai mare de celule elementare, astfel că, prin atingerea maximului posibil (fotolitografic) al densității de împachetare, curentul de drenă să atingă valori mari, intrucât tranzistoarele cu inducție statică își găsesc aplicații eficiente în domeniul frecvențelor înalte și al puterilor mari.

* Centrul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Componente Electronice (CCSIT-CE), București.

** Institutul Politehnic București, Facultatea Electronică și Telecomunicații - București.

1. Structura SIT în tehnologie cu poartă îngropată

Structura SIT cu poartă îngropată (BG-SIT) este descrisă în literatura de specialitate [1-7], încercându-se și modelări mai mult sau mai puțin pretentioase ale funcționării electrice [1, 6, 7], bazate pe analiza înălțimii barierei de potențial care controlează curentul de drenă. Realizarea structurii, așa cum se poate urmări în figura 1, în care se prezintă două variante în raport cu modul de contactare al porților [4, 5], comportă următoarele procese și parametri de material și procesare:

— creștere strat epitaxial de tip n — ($1-2\Omega\text{ cm}$, $10-30\text{ }\mu\text{m}$), oxidare termică și fotolitografie

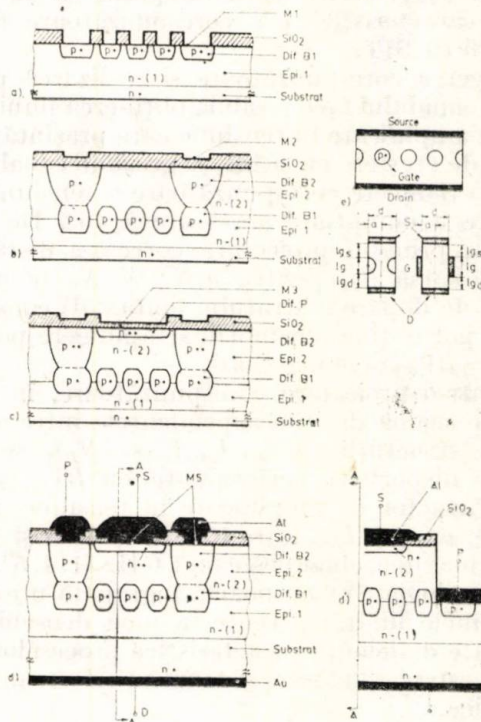


Fig. 1. Structura SIT cu poartă îngropată.

(pentru deschiderea ariilor de predifuzie/implantare și difuzie a joncțiunilor de poartă și de contactare a porților), predifuzie/implantare și difuzie a porților (la adâncimi între 3–10 μm și concentrație la suprafață peste $1 \cdot 10^{19} \text{ cm}^{-3}$), substratul fiind siliciu de tip n (cu rezistivitatea între 5 și 15 $\text{m}\Omega \cdot \text{cm}$), figura 1a;

— îndepărtarea oxidului inițial și din ariile difuzate, creșterea unui al doilea strat epitaxial (cu aproximativ aceeași rezistivitate și grosime ca a primului strat), care asigură îngroparea porților și joncțiunilor de contactare, reoxidarea noului strat epitaxial, deschiderea, printr-o nouă mască a ariilor de contactare a porților îngropate și difuzia joncțiunilor de contactare (la suprafață) a acestora, figura 1b; în scopul contactării porților se mai poate aplica, după difuzia surselor, tehnica corodării siliciului prin mască și contactarea porților la nivelul suprafeței primului strat epitaxial, așa cum se poate observa în figura 1d;

— deschiderea fotolitografică a ariilor pentru difuzia surselor, predifuzia și difuzia acestora, figura 1c;

— deschiderea ariilor de contactare a surselor și porților îngropate, depunerea stratului metalic de contactare la suprafața a joncțiunilor, decuparea fotolitografică a interconexiunilor și metalizarea drenăi, figurile 1d sau 1d'.

Se pot obține prin această tehnologie dimensiuni ale canalului suficient de mici ($a = 1\text{--}3 \mu\text{m}$, unde a este definit ca în figura 1e [6] pentru aproximația cilindrică sau planară a porții îngropate) și pot fi proiectate și realizate practic distanțele poartă-drenă (l_{gd}) și sursă-poartă (l_{gs}), astfel încât dispozitivul să prezinte caracteristici I-V corespunzătoare funcționării ca SIT.

Alegerea corespunzătoare și realizarea practică a canalului face posibilă obținerea unui factor de amplificare în tensiune care prezintă tendința de creștere cu scăderea grosimii canalului, ca și o reducere corespunzătoare a tensiunii de blocare a curentului sursă-drenă [6]. De asemenea, printr-o proiectare corectă a distanței poartă-sursă (l_{gs}) pentru a , l_{gs} și N_D (concentrația de dopare a stratului epitaxial) constante, se pot obține tensiuni de străpungere poartă-drenă (BV_{GD}) cât mai mari.

Printr-o proiectare corespunzătoare, în care se ține seama de interdependențele între parametrii structurii (a , l_{gs} , l_{gd} , l_g și N_D), se pot obține dispozitive performante, cu BV_{GD} peste 200 V, factor de amplificare în tensiune între 5 și 20, curent I_{DSS} între 100 mA și 10 A și frecvențe maxime, chiar peste un 1 GHz [1, 4, 5].

Tehnologia SIT cu poartă îngropată prezintă însă unele limitări, legate în mod deosebit de anumite deficiențe caracteristice proceselor, cu repercusiuni evidente și asupra performanțelor electrice.

Astfel, epitaxia celui de al doilea strat, realizată peste arii cu difuzii localizate (ale porților

difuzate în primul strat epitaxial), la concentrații mari de suprafață (peste 10^{19} cm^{-3}), facilitează exdifuzia sursei și autodoparea în lateral, producând perturbații ale stratului epitaxial dintre porți. Se poate reduce acest efect cînd introducerea sursei (borului) pentru porțile îngropate se face prin implantarea ionică la energii mari (peste 100 KeV).

Controlul grosimii canalului, avînd în vedere difuziile în lateral ale porților în timpul procesului de creștere al celui de al doilea strat epitaxial, ca și în timpul difuziei de la suprafață pentru contactarea porților, este foarte dificil. Apelînd la corodarea chimică localizată în scopul contactării porților la nivelul primului strat epitaxial (fig. 1, d'), care este de asemenea un proces greu controlabil, se poate însă diminua variația canalului.

Contactarea porților la suprafață prin difuzii adînci, ca și la nivelul primului strat epitaxial (prin corodare chimică) determină rezistențe destul de mari ale porții, cu efect negativ asupra frecvenței maxime.

2. Structura SIT în tehnologie cu poartă la suprafață

Așa cum este descrisă și modelată în literatură [9–14], structura SIT cu poartă la suprafață (SG-SIT), este prezentată în figura 2 într-o variantă cu canal n [11, 12], sau în figura 3, într-o variantă cu canal p , utilizînd tehnica

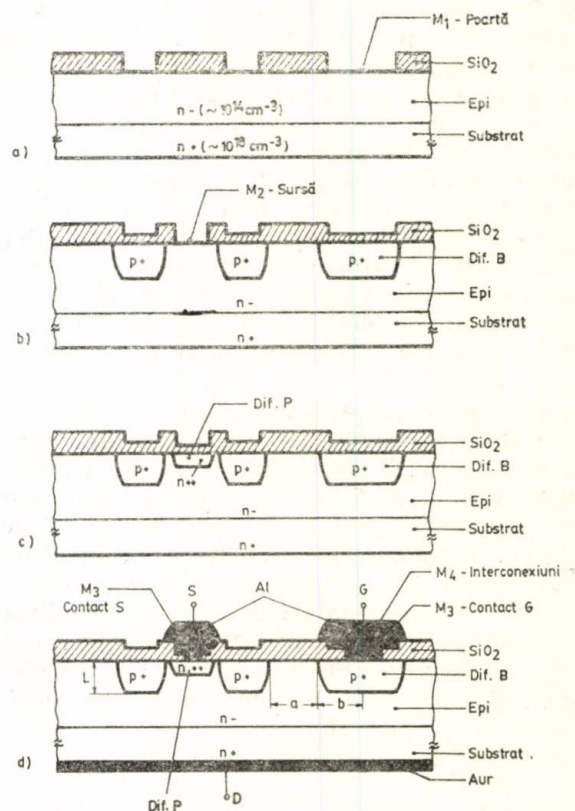


Fig. 2. Structura SIT cu poartă la suprafață în tehnologia planară.

autoalinierii simple [10] sau a autoalinierii prin oxidare locală [9, 13, 14], caz în care structura poate fi considerată și cu poartă retrasă (care va fi prezentată în secțiunea 5), depinzând de grosimea oxidului local.

Această tehnologie, în care se aplică procese caracteristice tehnologiei planare, cu unele îmbunătățiri cind se apelează la autoalinierie cu/fără oxidare locală, este cea mai simplă din punct de vedere al controlului parametrilor geometrici ai structurii fiind însă însoțită de limitări la nivelul performanțelor electrice, determinate în principal de difuzia în lateral și curbura joncțiunilor (cu efecte asupra uniformității înălțimii barierei de potențial în lungul canalului, cu atât mai deranjante cu cît acesta este mai lung).

Așa cum se poate urmări în figura 2, structura SIT cu poartă la suprafață, în varianta strict planară, comportă următoarele procese:

— creștere strat epitaxial de tip n^- ($\approx 10^{14} \text{ cm}^{-3}$ cu grosime peste $25 \mu\text{m}$), oxidare termică și deschidere fotolitografică a ariilor pentru difuzia porților și de contactare a acestora, figura 2a;

— difuzie bor (la $5-10 \mu\text{m}$ și concentrație la suprafață peste $5 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$) și deschiderea ariilor pentru difuzia surselor, figura 2b;

— difuzie fosfor pentru realizarea joncțiunilor de sursă, figura 2c;

— deschiderea fotolitografică a ariilor pentru contactarea surselor și de contactare a porților, depunere metal de contactare și fotogravarea interconexiunilor de poartă și sursă, subțiere plachetă și metalizarea drenăi, figura 2d.

Aplicind această tehnologie, grosimea canalului poate fi controlată prin proces fotolitografic cu mare precizie. Luind însă în considerare cerința unor difuzii de poartă peste $5 \mu\text{m}$, în scopul obținerii și a unei lungimi eficiente a canalului, ca și contribuția difuziei în lateral a porților, grosimea canalului nu poate fi practic realizată oricît de mică. Efectul timpului de tranzit poate fi neglijabil la frecvențe de lucru destul de înalte, chiar cînd stratul epitaxial golit este suficient de gros pentru a obține tensiuni de străpungere mari.

Astfel pentru grosimi ale canalului în jurul a $3-5 \mu\text{m}$, cu difuzii de poartă între 7 și $9 \mu\text{m}$, într-un strat epitaxial cu concentrația 10^{14} cm^{-3} și peste $20 \mu\text{m}$ grosime, se pot obține: factor de amplificare în tensiune > 10 , tensiune de străpungere drenă-sursă $\approx 300 \text{ V}$, frecvențe maxime în jurul a 500 MHz , determinate de capacități poartă-drenă și poartă-sursă între 30 și 100 pF .

Limitarea grosimii canalului prin difuzia în lateral a porților nu poate permite densitate mare de împachetare, apărind și o limitare în curentul maxim de drenă.

Pentru a crește performanțele în frecvență prin superficializarea structurii și creșterea

numărului de celule elementare, se poate apela la tehnologii cu autoalinierie. Astfel, așa cum se poate urmări în figurile 3, a-f, pentru a reduce grosimea canalului prin reducerea lărgirii surselor, se execută un proces cu autoalinierie prin oxidare locală, prin mască de nitrură de siliciu [9]. La micșorarea capacităților de intrare și ieșire, contribuie atât operarea pe straturi epitaxiale subțiri de mare rezistivitate ($\leq 10^{14} \text{ cm}^{-3}$), (păstrind prin aceasta și posibi-

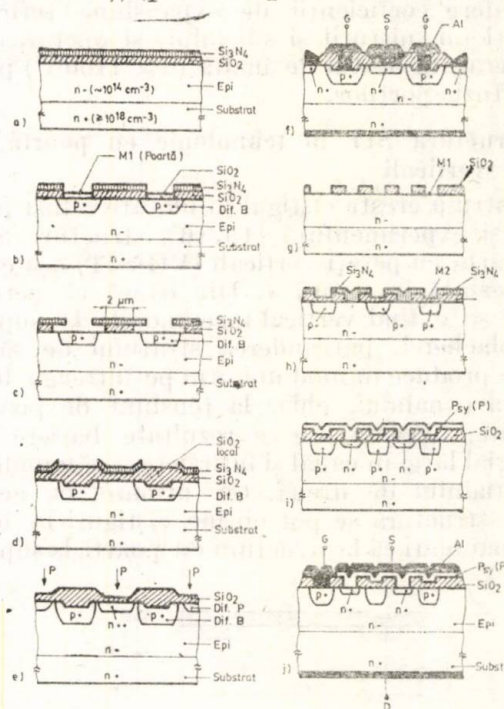


Fig. 3. Structura SIT cu poartă la suprafață și autoalinierie.

litatea obținerii de tensiuni de străpungere drenă-sursă înalte ($\approx 200 \text{ V}$), în același timp factori de amplificare în jurul valorii 10), cît și posibilitatea aplicării tehnicii lift-off la realizarea interconexiunilor, urmare a densității mari de elemente ale structurii, care permite linii ale interconexiunilor foarte reduse.

Prin această tehnologie se obțin [13, 14], puteri de peste 100 W la 225 MHz și peste 25 W la 900 MHz , pentru grosimi ale canalului între 7 și $10 \mu\text{m}$, capacitățile de intrare/ieșire situîndu-se la valori în medie sub 5 pF .

O altă variantă a tehnologiei planare cu autoalinierie, cum se poate urmări în figurile 3, g-j, fără a folosi oxidarea locală [10], permite grosimi reduse ale canalului prin utilizarea mascării cu nitrură de siliciu a ariilor de sursă, deschise în oxid termic, în același timp cu ariile de poartă. Reducerea capacităților de intrare și ieșire, care determină creșterea performanțelor în frecvență, se realizează prin contactarea surselor cu polisiliciu dopat cu fosfor (din care se realizează și doparea surselor).

Aceste tehnologii au avantajul unei proiectări simple, întrucît nu necesită măști pentru

ariile de sursă, dar trebuie subliniate, în cazul autoalinierii prin oxidare locală [9], criticitatea operației de corodare sub nitrură a oxidului, pentru reducerea lățimii sursei (fig. 3 c), și necesitatea controlului riguros al grosimii oxidului local, având în vedere efectul de desprindere a nitrurii de siliciu. În cazul autoalinierii prin umplerea cu nitrură a ariei sursei (fig. 3 h), se remarcă efectul distructiv al depunerii nitrurii direct pe suprafața siliciului, având în vedere coeficienții de expansiune termică diferiți (ai nitrurii și siliciului) și operarea la temperatură destul de înaltă ($\geq 1100^\circ\text{C}$) pentru difuzia porților.

3. Structura SIT în tehnologie cu poartă cu pereți verticali

Pentru a crește câștigul în blocare a fost pusă și experimentată [15, 16], structura SIT cu poartă cu pereți verticali (VG-SIT) așa cum se prezintă în figura 4. Din cauză că pereții porții se extind vertical începând de la suprafața plachetei, pătrunderea stratului de sărăcire se produce în mod uniform pe întreaga lungime a canalului, chiar la tensiuni de poartă coborâte. Aceasta are ca rezultate bariere de potențial largi în canal și întârzierea pătrunderii potențialului de drenă. Ca urmare, la acest tip de structură se pot obține câștiguri în blocare mai mari ca la structura cu poartă la supra-

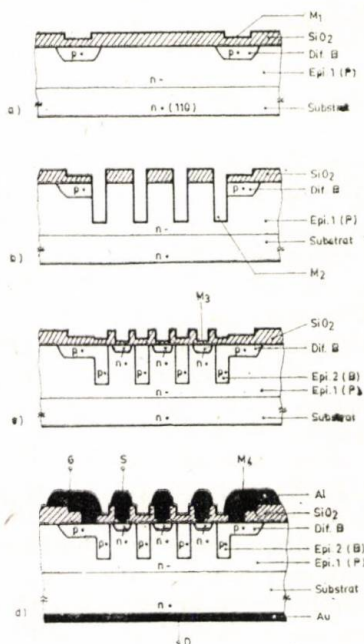


Fig. 4. Structura SIT cu poartă cu pereți verticali.

față-planară, dar, o asemenea structură nu poate fi realizată prin tehnici planare, deși configurația finală este planară.

Tehnologia de fabricație a structurii SIT cu poartă cu pereți verticali cuprinde următoarele procese:

— creștere strat epitaxial de tip n^- ($65\ \mu\text{m}$, $20\ \Omega\text{cm}$), pe substrat de tip n^+ ($\approx 10^{18}\ \text{cm}^{-3}$),

dopat cu stibiu, orientare strictă după planul (110), care permite rată de corodare selectivă de aproape 4 ori mai mare ca a siliciului orientat după planul (111), dispus în unghi drept față de planul (110), oxidare termică, deschiderea fotolitografică a ariilor pentru difuzia regiunilor laterale de contactare a viitoarelor porți și difuzia borului în aceste arii, figura 4a;

— fotolitografie pentru ariile porților, corodarea siliciului prin aceste arii în amestec de hidroxid de potasiu și alcool izopropilic care atacă preferențial planul (110), rezultând și o pătrundere neglijabilă sub oxid, în planul (111), figura 4b;

— reumplerea epitaxială a găurilor cu siliciu dopat cu bor ($10^{20}\ \text{cm}^{-3}$), pentru a obține o suprafață planară care să faciliteze contactarea porților, îndepărtarea polisiliciului de peste oxid, oxidarea ariilor p^+ , deschiderea ariilor de sursă și difuzia (cu oxidare) surselor, figura 4c;

— deschiderea ariilor de contactare a surselor și a zonelor terminale de contactare a porților, metalizare și fotolitografiere interconexiuni, figura 4d.

Structura obținută pentru 60 surse, grosimea canalului de $11,5\ \mu\text{m}$ și lungimea acestuia de $30\ \mu\text{m}$, a permis tensiuni de străpungere BV_{DS} peste $400\ \text{V}$ și un câștig în blocare mai mare ca 20.

Limitările acestei tehnologii neplanare sînt determinate de cerința utilizării siliciului orientat după planul (110) (mai puțin uzual) și de deficiențele induse de procesul epitaxial de reumplere a puțurilor. Astfel, în acest proces, luînd în considerație și ariile reduse ale puțurilor, pot apare goluri în strat, care reduc considerabil randamentul de fabricație. Creșterea exponențială [16] a câștigului în blocare cu adîncimea găurii reumplute, deși un avantaj, nu poate fi folosită în totalitate, datorită creșterii rezistenței canalului.

4. Structura SIT în tehnologie cu poartă retrasă

Tehnologia SIT cu poartă retrasă (RG-SIT) este, ca și cea descrisă anterior, neplanară, dar structura poate fi obținută utilizînd procese de autoalinierie sursă-drenă, fără problemele întîlnite în mod obișnuit la interdigitarea regiunilor de sursă și drenă (ale tehnologiei planare) și fără problemele care afectează randamentul (ale tehnologiei SIT cu pereți verticali). Și în acest caz se păstrează forma verticală a pereților, dar sînt posibile străpungeri la tensiuni mai mari, pînă la $600\ \text{V}$. Renunțînd la contactarea la suprafața a porților, pentru care era necesară umplerea puțurilor în tehnologia VG-SIT, în tehnologia RG-SIT, natura neplanară a structurii este luată ca un avantaj, pentru a obține separarea metalizărilor de sursă și poartă fără a mai necesita o etapă fotolitografică în plus, care în mod obișnuit determină reducere suplimentară de randament.

Descrierea tehnologiei RG-SIT [17] poate fi urmărită prin secțiunile în structură în diferite etape de procesare, prezentate în figura 5 :

- creștere strat epitaxial (tip n^- , $2 \cdot 10^{14} \text{ cm}^{-3}$, $50 \mu\text{m}$) pe un substrat de tip n^+ (cu orientare în planul (110), care permite corodare preferențială față de planul perpendicular (111), cu concentrație 10^{18} cm^{-3}), oxidare termică și deschidere fotolitografică a ariilor de porți, depunere peste tot a nitrurii de siliciu, figura 5, a ;
- deschidere în Si_3N_4 și SiO_2 a ariilor de sursă, depunere și difuzie fosfor, figura 5b ;
- îndepărtare nitrură (în acid orthofosforic la 180°C), figura 5, c ;

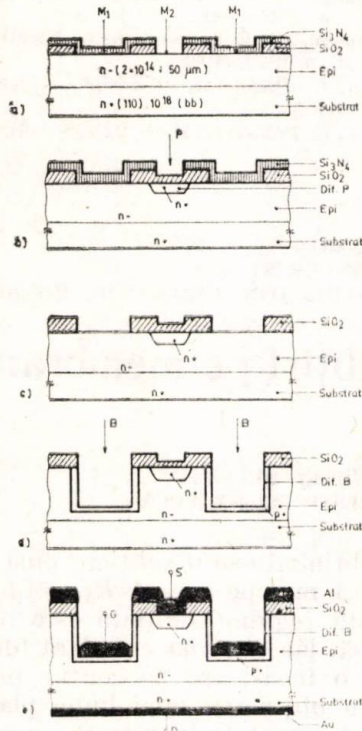


Fig. 5. Structura SIT cu poartă retrasă.

- corodare selectivă siliciu, difuzie bor, figura 5d ;
- îndepărtare oxid în ariile de sursă (fără mască) și depunere metal pentru contactare (care se depune în fundul puțurilor și pe suprafața surselor).

Tehnologia RG-SIT necesită doar două operații fotolitografice cu mască și permite auto-alinierea surselor cu porțile precum și metalizarea componentelor fără a utiliza proces fotolitografic.

Analiza comportării caracteristicilor electrice reliefează dependența acestora de adâncimea puțurilor. Astfel, în acest caz se constată creșterea factorului de amplificare în tensiune cu creșterea adâncimii găurilor și de asemenea creșterea rezistenței canalului care limitează curentul de drenă. Acest fenomen impune optimizarea adâncimii găurilor de poartă, avându-se în vedere cistig în blocare și curent, maxime.

5. Tehnologia experimentală

Prin aplicarea tehnologiei cu poartă la suprafață, a fost realizat [18, 19] un tranzistor cu inducție statică; datele constructive sînt :

- semilățimea canalului $a = 5,5 \mu\text{m}$;
- semilățimea dintelui de poartă $b = 7 \mu\text{m}$;
- semilățimea dintelui de sursă $c = 2,5 \mu\text{m}$;
- lungimea canalului intrinsec $L = 7 \mu\text{m}$;
- lungimea canalului extrinsec $d = 33 \mu\text{m}$;

Conform acestor date, lățimea unei secțiuni elementare (pasul tranzistorului) este $L_p = 25 \mu\text{m}$. Rezistivitatea substratului este $0,02 \Omega\text{cm}$, iar a stratului epitaxial $15 \Omega\text{cm}$, ceea ce corespunde la $N_D = 3 \cdot 10^{14} \text{ cm}^{-3}$. Difuzia de poartă are o adâncime $x_j = L = 7 \mu\text{m}$ și o concentrație la suprafață $C_s = 5 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$. Tranzistorul are 60 secțiuni elementare fiecare cu o lungime de $336 \mu\text{m}$, ceea ce corespunde la $W_t = 2 \text{ cm}$. Caracteristicile statice ale acestui tranzistor sînt prezentate în figura 6.

Foaia de catalog preliminară a dispozitivului cuprinde datele :

- tensiunea de străpungere poartă: $V_{(BR)GDO} \geq 150 \text{ V}$ la $I_D = 1 \text{ mA}$ (sursa în gol) ;
- tensiunea de străpungere poartă-sursă : $V_{(BR)GSO} \geq 30 \text{ V}$ la $I_s = 0,1 \text{ mA}$ (drena în gol) ;
- curent static de drenă $I_D < 200 \text{ mA}$;
- factor de blocare static : $G > 10$ la $I_D = 5 \text{ mA}$.

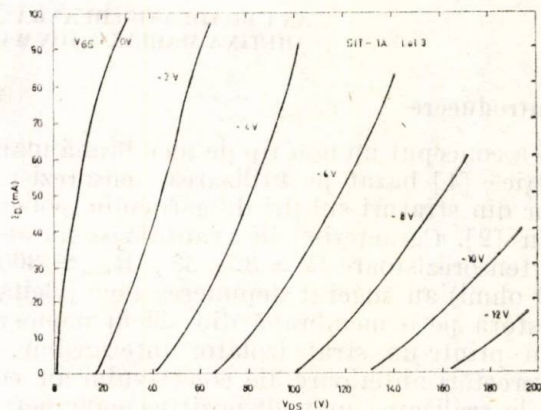


Fig. 6. Caracteristicile statice ale SIT-ului cu poartă la suprafață, în tehnologia planară.

Parametrii dinamici, de semnal mic, determinați în punctul static de funcționare : $V_{DSO} = 100 \text{ V}$; $V_{GSO} = -6 \text{ V}$; $I_{DO} = 30 \text{ mA}$, au valorile tipice : $\mu = 15$; $S = 10 \text{ mA/V}$; $R_i = 10 \text{ K}\Omega$ ($\mu \approx SR_i$).

6. Concluzii

Lucrarea descrie și analizează tehnologiile cu poartă la suprafață (SG-SIT), cu poartă îngropată (BG-SIT), cu poartă cu pereți verticali (VG-SIT) și cu poartă retrasă (RG-SIT).

De asemenea este descrisă tehnologia și se prezintă performanțele electrice obținute pen-

tru un tranzistor SIT cu poartă la suprafață, realizat pentru prima dată în țară.

Bibliografie

- [1] Y. Mochida, J. I. Nishizawa, T. Ohmi, and R. K. Gupta, IEEE, Transactions on Electron Devices, **ED-25** 7, p. 761, (1978).
- [2] R. Zuleeg, Solid State Electronics, 10, p. 449, (1967).
- [3] H. Ogawa, A. Abe, T. Nakajima, T. Kajiwara, Electronics Letters, 11, p. 223, (1975).
- [4] S. Teszner, and R. Giquel, Proceedings of the IEEE, 52, p. 1502, (1964).
- [5] S. Teszner IEEE — Transactions on Electron Devices, **ED-19**, 3, p. 355, (1972).
- [6] K. Yamaguchi, and H. Kodera, IEEE Transactions on Electron Devices, **ED-24**, 8, p. 1061, (1977).
- [7] P. Plotka, and B. Nilamowski, Solid State Electronics, 23, p. 693, (1980).
- [8] J. I. Nishizawa, T. Terasaki, and J. Shibata, IEEE Transactions on Electron Devices, **ED-22**, 4, p. 185, (1975).
- [9] J. I. Nishizawa, and K. Yamamoto, IEEE Transactions on Electron Devices, **ED-25**, 3, p. 314 (1978).
- [10] O. Ozawa, H. Iwasaki, and K. Muramoto, IEEE Journal of Solid State Circuits, **SC-11**, 4, p. 511 (1976).
- [11] J. L. Morenza, and D. Tstleve, Solid-State Electronics 21, p. 739, (1978).
- [12] M. Kotani, Y. Higaki, M. Kato, and Y. Yukimoto, IEEE Transactions on Electron Devices, **ED-29**, 2, p. 194, (1982).
- [13] A. I. Cogan, R. Regan, I. Bencuya, S. Butler, and F. Rock, ED Meeting Washington, DC, Dec. 5-7, p. 221, (1983).
- [14] I. Bencuya, A. I. Cogan, S. J. Butler, and R. J. Regan, IEEE Transactions on Electron Devices, **ED-32**, 7, p. 1321, (1985).
- [15] B. J. Baliga, and B. S. Wessels, C-1324/78, IEEE, p. 661, (1978).
- [16] B. J. Baliga, IEEE Transactions on Electron Devices, **ED-27**, 2, p. 368, (1980).
- [17] B. J. Baliga, IEEE Transactions on Electron Devices, **ED-29**, 10, p. 1560, (1982).
- [18] A. Rusu, C. Postolache, Lucrările CAS, ed. a 11-a, p. 145, (1988).
- [19] A. Rusu., C. Postolache, EEA, 32/1, (1988).

C Z 621.3.014 : 669.7 : 621.3.044

MEMBRANA MONOMETRICĂ
SILICIU MONOCRISTALIN
TRANZISTOARE DIN GERMANIU POLICRISTALIN

Sesizor plezorezistiv din straturi subțiri pe membrană de siliciu

ANA BRĂDEANU-CREANGĂ*, PETRE CIOARĂ**, ANDREI DEVENYI**,
ARETINA MARIAN**, ION MATEESCU*** — BUCUREȘTI, CLUJ-NAPOCA

Introducere

S-a conceput un nou tip de membrană manometrică [1] bazat pe utilizarea tensorezistoarelor din straturi subțiri de germaniu polieristalin [2]. Caracteristicile avantajoase ale acestor tensorezistoare ($k \approx 35-38$; $R_{nom} \approx 300-600$ ohmi) au sugerat depunerea nemijlocită a acestora pe o membrană din siliciu monocristalin printr-un strat izolator intermediar.

Cercetări anterioare ale colectivului au condus la realizarea unor dispozitive manometrice pentru presiuni subatmosferice bazate pe aplicarea prin lipire a tensorezistoarelor de tip TER-SA [3, 8]. În prezenta lucrare se exploatează proprietățile mecano-elastice ale plachetelor de siliciu utilizate drept membrană manometrică.

1. Tehnica de realizare

Din plachete de siliciu monocristalin (111) și de rezistivitate 300 ohm cm avind grosimea $t \approx 0,2$ mm s-au decupat pastile cu diametru 20 mm iar acestea au fost corodate în regiunea

centrală obținându-se o subțiere pînă la o grosime $t \approx 0,1$ mm pe o rază $R_0 = 4,5$ mm (fig. 1b). Această regiune subțiată este membrana propriu zisă, iar coroana circulară (de grosime t) asigură o încadrare pe contur practic ideală. Pentru obținerea unei bune planeități și unui racord corect la încadrare corodarea s-a făcut pe două diametre în două etape.

Pe întreaga suprafață plană a structurii s-a depus prin pulverizare în RF un strat de SiO_x ($x \leq 2$) de aproximativ $1 \mu\text{m}$ grosime obținându-se astfel un strat izolator intermediar.

Depunerea stratului activ din germaniu policristalin s-a efectuat utilizînd măști din moli-bden de 0,03 mm grosimea astfel proiectate încît să se obțină pentru tensorezistoare, ($T1-4$, fig. 1a), poziționate de așa manieră încît $T1$ și $T3$ să fie supuse unei solicitări radiale egală și de semn opus cu solicitarea tangențială $T2$ și $T4$ de la centru.

Depunerea germaniului se face în vid înalt ($p \leq 1 \cdot 10^{-6}$ torr) utilizînd ca sursă un tun electronic cu deflexie magnetică. Suportul se menține la temperaturi ridicate ($T \approx 500^\circ\text{C}$) folosind viteze de creștere a grosimii straturilor corespunzătoare obținerii unor cristalite relativ mari ($300-500 \text{ \AA}$) [2, 8].

Electrozii au fost confecționați din straturi subțiri de argint, depuși prin măști de moli-b-

* Întreprinderea de Piese Radio și Semiconductori — Băneasa.

** Universitatea — Cluj-Napoca.

*** Institutul de Fizică și Tehnologia Materialelor — Măgurele.

den, realizându-se un montaj electric de punte Wheatstone completă (fig. 1a). Echilibrarea punții s-a făcut prin trimerizare cu un laser. După depunerea sistemului strat activ — electrozi, se acoperă întreaga suprafață cu un lac protector.

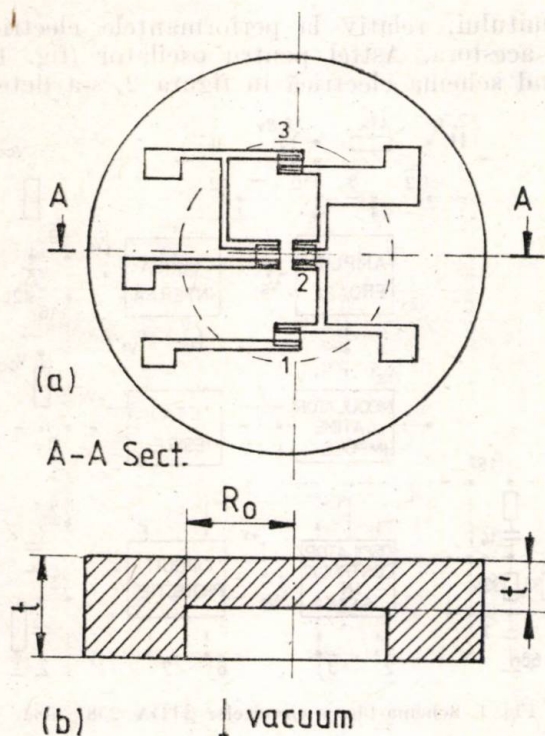


Fig. 1

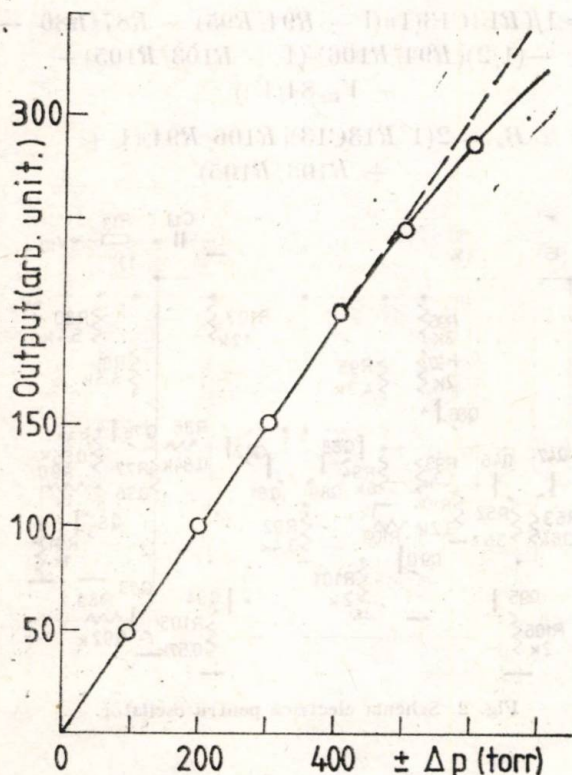


Fig. 2

2. Rezultate experimentale

Membrana astfel realizată a fost lipită cu rășină epoxidică pe un suport inelar pe toată coroana circulară; suportul portmembrană s-a atașat la un ștand de etalonare, iar semnalul de răspuns al punții s-a măsurat cu un tensometru electronic N 2301.

Figura 2 reprezintă indicația punții în funcție de depresiunea respectiv suprapresiunea aplicată.

Răspunsul este liniar pînă la $\Delta p \approx \pm 500$ torr corespunzător unei deplasări y la centru care nu depășește valoarea $t/3$.

Sensibilitatea limitată de zgomot al întregului sistem este de aproximativ 2–4 torr/div, iar abaterea de la liniaritate nu depășește 2%.

S-a obținut o bună concordanță între rezultatele experimentale și estimările teoretice.

3. Concluzii

Tehnologia de realizare este o hibridizare a acelorora de care dispunem pretindându-se totodată unei microproducții. Dispozitivul realizat vine să umple un gol în domeniul măsurării presiunilor „subatmosferice”.

Bibliografie

- [1] A. Brădeanu, A. Devenyi, P. Cioară, A. Marian: Procedeu pentru fabricarea de traductoare de presiune scăzută, Brevet RSR Nr. 95491 (1988).
- [2] A. Devenyi, A. Belu, G. Korony: Traductoare electro-tensometrice rezistive din straturi subțiri semiconductoare, Primul Simpozion Național de Tensometrie, Iași, 3, 3–12 (1977).
- [3] R. Grigorovici, A. Devenyi, V. Florea, G. Korony, A. Belu, C. Costăchescu: Piezoresistive transducers and devices with semiconducting films and their manufacturing process, U. S. Patent Nr. 3.705 993 (1972).
- [4] G. Korony, A. Devenyi, Gh. Th-Popa, P. Slave: Traductor electrotensometric rezistiv, Brevet RSR Nr. 64131 (1975).
- [5] P. Cioară, A. Devenyi, G. Korony: Dispozitiv manometric Brevet RSR Nr. 64053 (1976).
- [6] P. Cioară, A. Devenyi, G. Korony, F. Răcz: Dispozitiv manometric pentru fluide corosive, Brevet RSR Nr. 80779 (1982).
- [7] P. Cioară, A. Devenyi, I. Pongrácz: Noi tipuri de corpuri elastice echipate cu tensorezistoare din straturi subțiri semiconductoare destinate manometriei în mediu corosiv, AI IV-lea Simpozion Național de Tensometrie, Brașov, 1, 59–62 (1986).
- [8] J. S. Johannesssen: Elastoresistance in Ge Films Physical Status Solidi (a), 16, 447 (1973).

Circuite integrate pentru controlul unei surse în comutație β TDA 2581/2582

GABRIEL TĂNASE*, ALEXANDRU HARTULAR*, VIRGIL GHEORGHIU*, GEORGETA LUPU* — BUCUREȘTI

Introducere

Circuitele integrate liniare β TDA 2581/2582 controlează funcționarea surselor de alimentare în regim de comutație. Fiind destinate unei utilizări în receptorul TV, circuitele asigură totodată și comanda pentru baleiajul orizontal; cu sau fără această facilități circuitele pot fi folosite în aplicații industriale. Circuitele au fost proiectate și realizate la IRPS Băneasa.

1. Prezentarea circuitului

În figura 1 este prezentată schema-bloc a circuitului, precum și componentele externe aferente aplicației tipice. Tensiunea stabilizată a sursei controlate prin circuitele β TDA 2581/2582 este proporțională cu factorul de umplere al impulsurilor la ieșire, terminalul 11. Diferența între circuitele β TDA 2581 și β TDA 2582 constă în modul de control al factorului de umplere; la circuitul β TDA 2581 variază durata impulsurilor, iar la circuitul β TDA 2582 variază pauza impulsurilor. Impulsurile la ieșire urmăresc atât în frecvență cât și în fază impulsurile de flyback aplicate pe terminalul 2; în terminalul 3 se aplică semnalul de referință având frecvența liniilor. Astfel pentru circuitul β TDA 2581 relația de fază se stabilește în raport cu frontul pozitiv al impulsurilor la ieșire, iar pentru β TDA 2582 în raport cu frontul negativ al impulsurilor la ieșire. Dacă terminalele 14 și 15 se unesc, frecvența impulsurilor este egală cu frecvența liberă de oscilație, încetînd să acționeze controlul fazei.

Circuitele β TDA 2581/2582 sînt prevăzute cu un set remarcabil de protecții: protecție la supracurent și supratensiune în sarcină (terminalele 6 și 7), cu revenire automată după dispariția cauzei sau fără revenire (permanent) cînd cauza are o durată ce depășește valoarea predeterminată prin valorile componentelor conectate la terminalele 4 și 5; protecție în cazul lipsei tensiunii de referință (terminalul 10); protecție cînd tensiunea de alimentare scade sub valoarea minimă (terminalul 9); protecție cînd se întrerupe bucla de reacție (terminalul 8).

2. Aspecte remarcabile ale proiectării circuitelor

Realizarea circuitelor β TDA 2581/2582 a depășit problemele de analiză a funcționării

circuitului, relativ la performanțele electrice ale acestora. Astfel pentru oscilator (fig. 1), avînd schema electrică în figura 2, s-a deter-

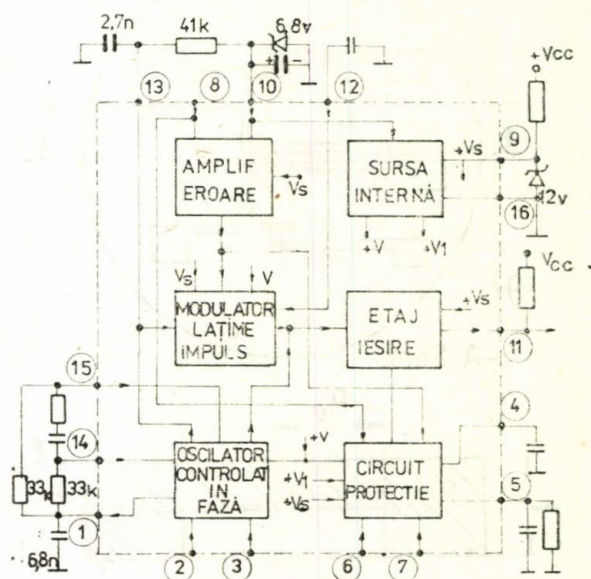
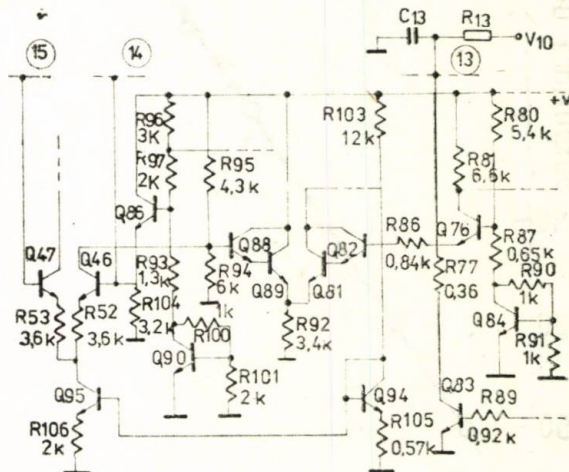


Fig. 1. Schema-bloc a circuitelor β TDA 2581/2582.

minat analitic frecvența de oscilație liberă f_0 , precum și banda de captură B_c :

$$f_0 = 1 / (R_{13} C_{13} (1n(1 + R_{94}/R_{95}) - R_{87}/R_{80} - (1/2)(R_{94}/R_{106})/(1 + R_{103}/R_{105}) - V_{BE} 84/V))$$

$$B_c = 2(1/R_{13} C_{13})(R_{106}/R_{94})(1 + R_{103}/R_{105})$$



Cu ajutorul relațiilor de mai sus s-a putut face dimensionarea optimă a oscilatorului astfel ca parametrii electrici să corespundă valorilor de catalog.

3. Concluzii

Abordarea și realizarea la IPRS Băneasa a circuitelor β TDA 2581/2582 a constituit depășirea dificultăților, inerente, unor circuite com-

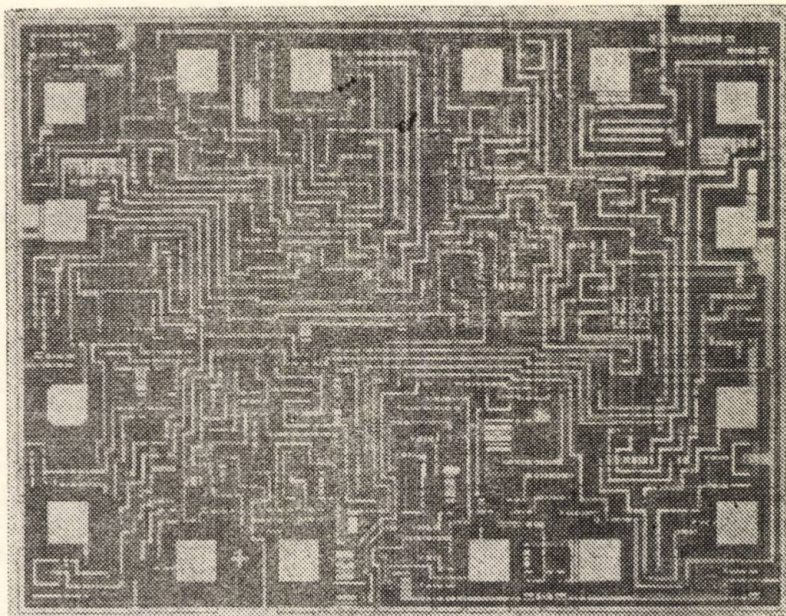


Fig. 3. Microfotografia circuitului β TDA 2582.

De asemenea analiza funcționării în temperatură a circuitului a impus redimensionări ale componentelor active din blocul CIRCUIT PROTECȚIE (fig. 1).

În continuare se prezintă microfotografia circuitului integrat β TDA 2582 (diferă de circuitul β TDA 2581 numai prin masca de metalizare), figura 3.

plexe funcțional; astfel analiza adecvat metodică (originală) a schemei electrice, a permis dimensionarea optimă a circuitului, corelând rezultatele teoretice cu măsurătorile experimentale pe model.

Realizarea circuitelor β TDA 2581/2582 vine în sprijinul proiectanților de surse în comutație, reprezentând primele circuite din această familie realizate în industria românească de componente electronice.

CZ 621.3.13.5 : 621.32. : 621.392.4

LIMITATOR DE PUTERE
DIODA PIN
LINII PLANE

Limitatoare/comutatoare de putere pentru microunde în tehnologie hibridă

VALENTIN BUICULESCU*, SVEILANA RĂU* — BUCUREȘTI

Introducere

Receptoarele moderne pentru microunde pot fi distruse ușor de nivele mari de putere aplicate la intrare și, în general, nu se pot depăna decât în laboratoare dotate cu echipamente specializate. O protecție eficientă se asigură cu circuite complexe, care conțin atât descărcătoare cu gaze cât și limitatoare de putere cu diode PIN.

* Centrul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Componente Electronice — București.

Utilizarea liniilor coplanare, a liniilor microstrip pe suport ceramic și a diodelor PIN neîncapsulate (cip) au permis realizarea unor limitatoare de putere cu performanțe remarcabile:

- izolarea pentru o secțiune cu două diode, în regim comandat, între 24 și 30 dB;
- banda de lucru mai mare de o octavă — 1,5—3,4 GHz;
- funcționare atât în regim comandat cât și asincron;
- gabarit redus.

1. Realizarea limitatoarelor

Structura limitatorului de putere este prezentată în figura 1. Se observă existența a două secțiuni :

- diodele D_1 și D_2 , polarizate în conducție directă sau inversă prin grupul $L_{s1}R_p$, formează limitatorul activ (comandat);
- diodele D_3, D_4 și șocul de microunde L_{s2} constituie limitatorul pasiv (autopolarizat) care acționează numai la depășirea unui prag al puterii de intrare.

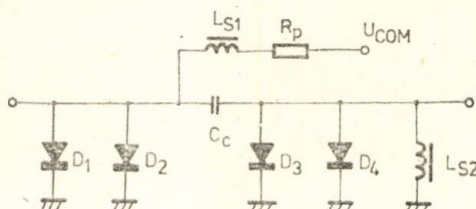


Fig. 1. Schema electrică a limitatorului de putere.

Performanțele limitatorului depind esențial de modul în care se montează diodele PIN, astfel încât să se asigure concomitent o bandă largă și izolarea maximă.

Practic, au fost experimentate două variante de circuit, în care dispozitivele semiconductoare sînt neîncapsulate (cip):

1) Cu linie coplanară, care prezintă avantajul unei realizări tehnologice mai simple, de tipul montajului pe suprafață (fig. 2). Această tehnică este utilizată pentru prima dată la CCSIT-CE, pe un substrat ceramic cu permitivitatea relativă ridicată (peste 20).

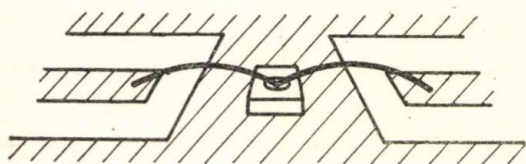


Fig. 2. Montarea unei diode PIN în structura de linii coplanare.

2) Microstrip, cu linia fragmentată în mai multe tronsoane care unesc structurile de diode PIN (fig. 3). Din punct de vedere al tehnologiei

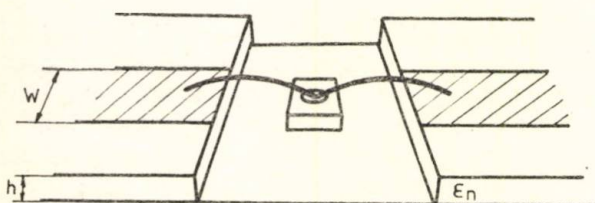


Fig. 3. Montarea unei diode PIN în structura microstrip.

de fabricație, procedeul este mai greoi, însă montarea cipurilor de diode se face direct pe ambaza metalică a ansamblului, cu efect favo-

rabil asupra disipației de putere. Un alt avantaj al acestui mod de realizare îl constituie posibilitatea obținerii unei mari varietăți de configurații.

Cele două tipuri de linii plane au fost realizate, pe substrat din ceramică, cu straturi subțiri de TiPdAu evaporate în vid, pe o față a substratului pentru linia coplanară și pe ambele fețe ale substratului pentru varianta cu linii microstrip. Stratul subțire de aur depus prin evaporare (cca. 2000Å) a fost îngroșat electrochimic pînă la grosimi de 2–3 μm, în vederea obținerii prin fotolitografiere cu fotorezist pozitiv a configurației geometrice dorite. Diodele PIN au fost montate prin termocompresiune, pe substratul ceramic metalizat la varianta cu linii coplanare și pe ambaza metalică la circuitul microstrip, fiind conectate cu fir de aur de 17 μm.

Folosirea diodelor PIN neîncapsulate are mai multe avantaje dintre care se amintesc :

- elementele reactive parazite asociate capsulelor sînt eliminate; la semnal mic sau la polarizare în conducție inversă schema echivalentă de montaj pentru o diodă corespunde unei structuri de filtru trece-jos care, proiectată convenabil, asigură pierderi de inserție minime într-o bandă largă de frecvențe [1];
- la semnal mare sau la polarizarea diodelor în conducție directă izolarea este maximă deoarece în serie cu joncțiunea nu există o reactanță parazită, ca la diodele încapsulate;
- rezistența termică joncțiune-ambază metalică este minimă;
- nu sînt necesare capsule speciale, din import.

2. Rezultate experimentale. Concluzii

Eficiența izolare-curent de polarizare a limitatoarelor active echipate cu cîte două cipuri de diode PIN tip ROV211 este reprezentată în figura 4, pentru un lot de patru circuite. În prezent se lucrează la echiparea unor circuite limitatoare cu cipuri de diode PIN tip ROV201, care au aria de 5,5 ori mai mare și

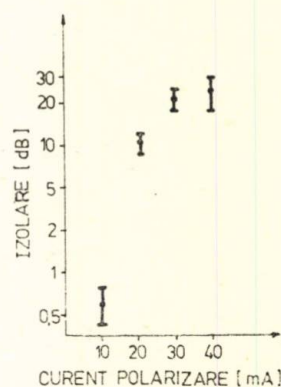


Fig. 4. Caracteristica de transfer a unei secțiuni de limitator activ (comandat).

tensiunea de străpungere dublă. Puterea medie a semnalului de microunde controlat va putea crește astfel de peste 4 ori, izolarea menținându-se la aceleași valori (28 . . . 33 dB).

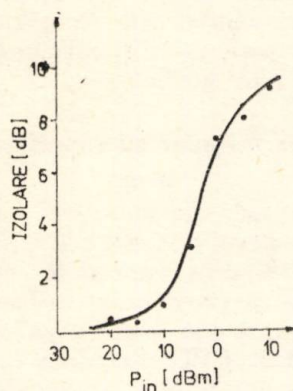


Fig. 5. Caracteristica de transfer a limitatorului pasiv.

Funcționarea limitatoarelor în regim pasiv a fost testată pentru un nivel maxim de putere la intrare de +10 dBm. Pe caracteristica de transfer din figura 5 se observă apropierea de zona de saturație la valori relativ mici ale izolării (8,5 . . . 10 dB). Această caracteristică se poate îmbunătăți prin utilizarea unor perechi de dispozitive PIN-NIP sau PIN-Schottky (pentru puteri mici).

Structura descrisă de limitator activ este utilizabilă, cu funcție de comutator, și la realizarea altor tipuri de circuite pentru microunde: defazoare discrete, multiplexoare, comutatoare de antenă pentru radiotelefoane în regim simplex etc.

Bibliografie

- [1] AN 957-2, Notă de aplicații Hewlett-Packard.

CZ 621.3.012..8 : 621.326.7

PROIECTARE CIRCUITE INTEGRATE
POSTPROCESARE
GENERATOR OPTIC DE RETICULE

PG—pachet de programe de postprocesare a layout-ului

ADRIAN NAȘ*, CĂTĂLIN POPESCU*, MIHAI LIȚĂ*, HORIA PROFETA* — BUCUREȘTI

Introducere

Acest pachet de programe a fost scris din necesitatea aducerii layout-ului unui CI din format DIGLAY (software de proiectare implementat la Întreprinderea Microelectronica) într-o formă inteligibilă pentru generatorul optic de reticule din IPRS-Băneasa. Pachetul de programe conține module de prelucrare, de scriere a benzii în formatul specific echipamentului, citire a benzii și, foarte important, verificarea realizării corecte a tuturor etapelor anterioare. Fiecare modul este descris în paragrafele următoare.

1. Descrierea programului de prelucrare —PG

Pentru echipamentul PG, singurele figuri acceptabile pe o mască sînt dreptunghiuri verticale sau rotite cu 45 de grade. Deci masca inițială trebuie împărțită în asemenea figuri.

Este prezentat mai jos programul de prelucrare a unui layout care conține suprafețe multiplu conexe.

Etape importante:

- citește masca;
- orientează figurile în sens trigonometric;

c. inversează trigonometric figurile complet incluse în altele pentru a delimita suprafețele multiplu conexe;

d. sparge figurile în segmente, ignorînd segmentele orizontale;

e. formează fișii orizontale în care segmentele au extremitățile pe marginile fișilor. Pentru a realiza această operație o parte din segmentele inițiale vor fi fragmentate după un anumit algoritm;

f. pe fiecare fișie, din segmente, se construiesc trapeze care intră mai departe în prelucrare. Algoritmul construiește dreptunghiuri orizontale și rotite cu 45 de grade acoperind întreaga suprafață a trapezelor. În acest moment se trece la următoarea fișie pînă la terminarea măștii;

g. scrierea figurilor în masca finală;

h. scrierea benzii magnetice în format specific PG.

Pentru siguranță (avînd în vedere complexitatea algoritmului) o vom supune însă unor proceduri de verificare.

În figura 1 se prezintă o celulă, iar în figura 2 configurația rezultată după fragmentare.

2. Verificarea prelucrărilor

Există 3 etape de verificare. Trebuie subliniată importanța deosebită pe care o are această operație automată avînd în vedere că o veri-

* Întreprinderea Microelectronica — București.

ficare vizuală (pe un display grafic sau pe un desen realizat pe plotter) este consumatoare de timp și de materiale și nu poate garanta corectitudinea fragmentării datorită erorii ce poate fi introdusă de factorul uman.

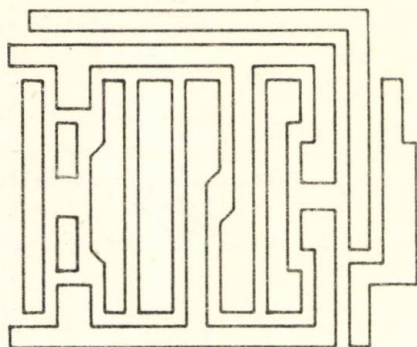


fig. 1. Celula inițială.

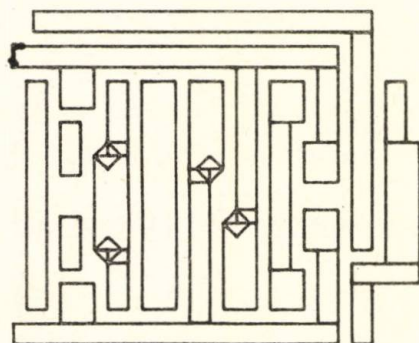


fig. 2. Configurația celulei după fragmentare.

În prima etapă se realizează operația de citire a benzii și se creează un fișier pe disc care trebuie să fie identic cu cel obținut după rularea programului PG. În acest mod se verifică faptul că scrierea pe bandă a fost corectă.

A doua etapă are ca intrări măștile obținute în paragraful *h*. În urma acestei proceduri, care aplică funcția SAU asupra măștilor fragmentate, trebuie să se refacă masca inițială.

A treia etapă suprapune măștile inițiale cu măștile rezultate la paragraful anterior și elimină figurile identice.

Măștile în care au mai rămas figuri au fost prelucrate eronat sau au fost scrise greșit pe bandă. Celelalte sînt corecte. Programul creează automat un pattern cu erori care poate fi vizualizat pe un display grafic.

3. Procesarea măștilor cu suprafețe simplu — conexe

Pentru cazul măștilor ce conțin numai suprafețe simplu conexe s-a creat o altă variantă de program. Diferența esențială față de cea anterioară este că prelucrarea se face figură cu figură și simultan cu verificarea. În această situație timpul de CPU se reduce de cel puțin 10 ori față de cazul multiplu conex, ajungînd la cîteva minute.

4. Concluzii

Avînd ca punct de plecare lucrările citate la bibliografie, algoritmi programelor și modul lor de asamblare reprezintă dezvoltări originale.

În urma exploatării acestor programe la Întreprinderea Microelectronica s-au constatat următoarele avantaje în comparație cu prelucrarea măștilor pe rubylith :

- scăderea timpului de obținere a reducerilor de cel puțin 10 ori;
- asigurarea unei precizii sporite;
- eliminarea factorului uman (greșeli de exfoliere a rubylith-ului).

Acest pachet de programe poate fi ușor adaptat pentru alte formate de intrare.

Bibliografie

- [1]. Jeffrey, D. Ullman. Computational aspects of VLSI, Computer Science Press, 1984.
- [2]. Yen-Son Huang, Shu-Park Chan. A Graph-Theoretic Approach to the IC Layout Resizing Problem. IEEE. Transactions on Circuit and Systems, may, 1980.

CZ 621.3.018 : 621.316.5

SINTETIZOR
CIRCUITE ELECTRONICE

Sintetizor sinusoidal de joasă frecvență

DAN MANASIU* — BUCUREȘTI

Introducere

La ICSITE se realizează un sintetizor de joasă frecvență cu performanțe ridicate, în domeniul 1 Hz—1 MHz, care utilizează scheme originale bazate pe circuitele integrate BA 3054, ROB 3019, SM 231 precum și pe tranzistoarele cu efect de cîmp BF 256, 2N4092. În lucrare se prezintă succint dezideratele unui sintetizor de joasă frecvență și modul cum sînt îndeplinite, dar mai ales principiile și avantajele utilizării componentelor menționate, în scheme inedite.

1. Schema bloc a sintetizorului

În figura 1 e te indicată schema bloc, de concepție proprie. Pentru precizia și stabilitatea ridicate ale frecvenței (egale cu ale cuarțului) se folosesc oscilatoare sincronizate (PLL) operînd la frecvențe de circa 5 MHz, realizate cu

fazat, care asigură componente variable după detecție foarte mici. Semnalul oscilatorului RC trece printr-un atenuator de maxim 20 dB, prin etajul de ieșire, apoi printr-un atenuator de 80 dB. Ambele atenuatoare precum și circuitele PLL, mixerele, oscilatorul RC și detectorul polifazat sînt comandate de către microprocesor. Schema permite obținerea unor distorsiuni *minime* în banda audio nefăcînd apel la multiplicatoare analogice performante. În continuare vom analiza utilizarea originală a unor componente în schemele propuse.

2. Mixerele duble

În mixerele realizate cu BA 3054, se utilizează cîte două circuite numai pentru selectarea sumei sau a diferenței a două frecvențe, conform figurii 2, unde nu s-au reprezentat polarizările de curent continuu. Asigurînd condi-

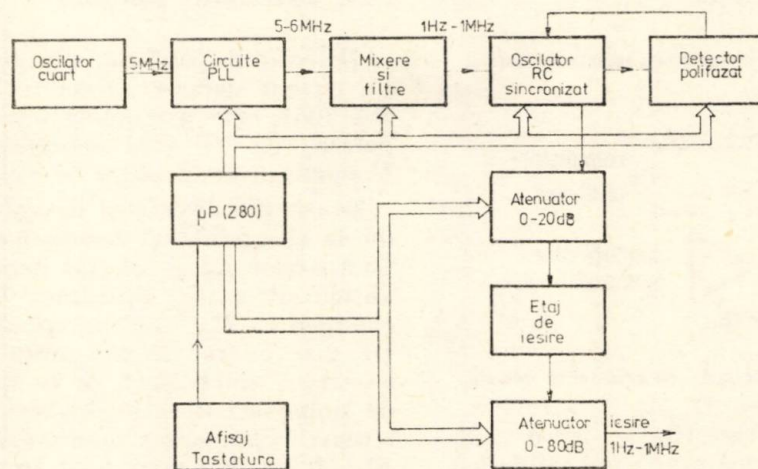


Fig. 1. Schema-bloc a unui sintetizor de joasă frecvență.

circuite CMOS (Microelectronica) și TTL-LS (IPRS). Mixerele atacate cu frecvența sintetizată (5—6 MHz) livrează la ieșire 6 game decadice (1 Hz—1 MHz). Oscilatorul RC sincronizat funcționează ca atare în domeniul 10 Hz—100 kHz și ca amplificator în gamele 1—10 Hz și 100 kHz—1 MHz. Astfel, distorsiunile sînt dictate de mixere în gamele extreme și de oscilatorul RC în rest, caz în care se reduce de 30 ori. Pentru asigurarea caracteristicii amplitudine — frecvență se folosește un detector poli-

țiale $R_1 = 1/\omega_1 C_1$ și $R_2 = 1/\omega_2 C_2$ rezultă $U'_1 = U''_1 = U_1/\sqrt{2}$ și $U'_2 = U''_2 = U_2/\sqrt{2}$, iar tensiunile de ieșire vor fi:

$$U_0 = \pm U'_1 U'_2 \sin \omega_1 t \sin \left(\omega_2 t - \frac{\pi}{2} \right) + \\ + \pm U''_1 U''_2 \sin \left(\omega_1 t - \frac{\pi}{2} \right) \sin \omega_2 t,$$

$$U_0 = -k U_1 U_2 \sin(\omega_1 + \omega_2)t \text{ și similar } U'_0 = \\ = -k U_1 U_2 \sin(\omega_1 - \omega_2)t,$$

* Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Electrotehnică.

3. Comutatoarele analogice

Oscilatoarul RC este acordat pentru oscilație liberă la frecvențe diferind cu maxim $\pm 3\%$ față de frecvențele sintetizate. Datorită sincronizării, frecvența oscilatorului devine rigu-

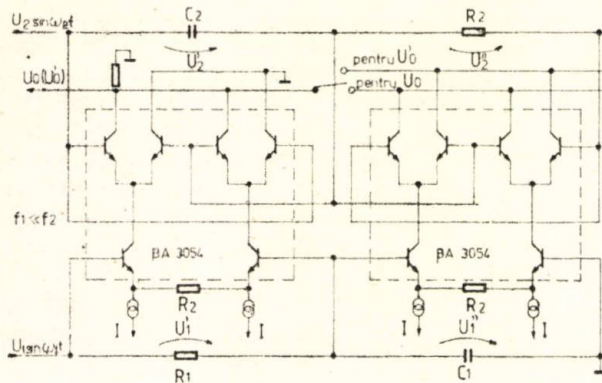


Fig. 2 Mixer dublu fără filtre de ieșire.

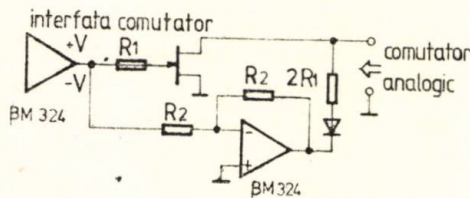


Fig. 3. Comutator analogic (față de masă) cu rezistență redusă.

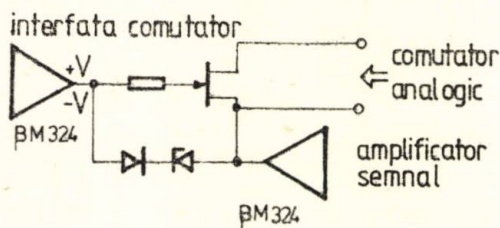


Fig. 4. Comutator analogic (flotant) cu rezistență redusă.

ros egală cu frecvența sintetizată, între cele două tensiuni corespunzătoare apărind un defazaj. Acordul oscilatorului RC se schimbă decadic cu condensatoare și în trepte de 2% cu rezis-

tențe. Comutarea se face cu tranzistoare cu efect de cimp BF 256 și 2N4092. Datorită numărului mare de comutatoare precum și a valorilor componentelor de acord ($2-20 \text{ k}\Omega$, $0,68/\mu\text{F}-680 \text{ pF}$) se impun capacități mici pentru tranzistoare ($1-2 \text{ pF}$) și valori reduse pentru rezistența r a comutatoarelor închise ($20-30\Omega$). În acest scop am utilizat tranzistorul BF 256 blocat (cu -12 V) sau în conducție cu curent de poartă ($I_G = 2 \text{ mA}$), fapt care-i scade rezistența la $20-30 \Omega$, de 5-6 ori sub valoarea minimă la $V_{GS} = 0$. Dezavantajul schemei constă în faptul că sursa trebuie să fie la un punct cu impedanță scăzută (cînd nu s-a realizat această cerință s-a utilizat o schemă cu 2N4092, care asigură rezistențe mici la $V_{GS} = I_G = 0$, dar și capacități mai mari). În plus între drenă și sursă apare o tensiune continuă $I_G \cdot r/2 (20-30 \text{ mV})$, care dacă este necesar se reduce mult (la $1-2 \text{ mV}$) utilizînd un montaj ca în figura 3. Dacă R_1 de pe ieșire deranjează, se înlocuiește amplificatorul inversor cu un generator de curent. Dacă comutatorul este conectat într-un punct cu tensiune variabilă se adoptă montajul din figura 4 pentru a menține $I_G = \text{constant}$.

4. Detectorul polifazat

Detectorul polifazat din figura 5 utilizează un circuit defazor „trece-tot” A_1 , realizat cu BA 3054, care asigură la orice frecvență f_0 un defazaj de 90° prin schimbarea valorilor R , C simultan cu variația frecvenței.

Tensiunile directă și defazată sînt redresate dublu alternanță și însumate cu ajutorul amplificatoarelor A_2 și A_3 . Tensiunea U_{ref} stabilește amplitudinea U_0 . Tensiunea U_a filtrată de A_4 conduce la U_c , care se aplică pe poarta unui BF 256, cu rol de rezistență variabilă pentru controlul amplificării în oscilator. Formatorul de impulsuri dreptunghiulare cu frecvența $4f_0$ reduce suplimentar ondulațiile, care sînt de 40-50 ori mai mici decît în cazul unui detector dublu alternanță. Fiind necesare diode echilibrate (D_1-D_4) s-a impus circuitul ROB 3019.

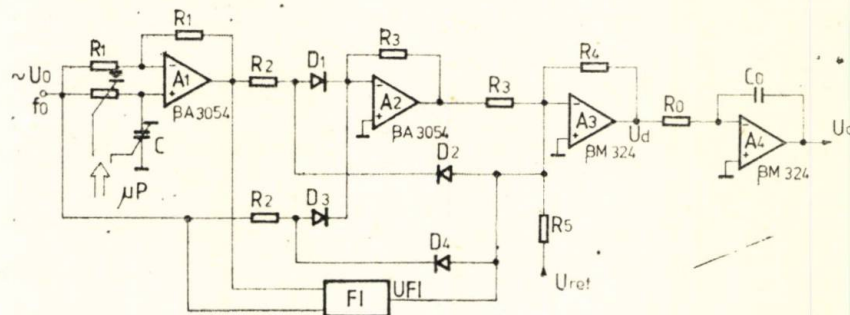


Fig. 5. Detector polifazat cu ondulații mici.

5. Sistemul de variație evasicontinuă

Pentru variația evasicontinuă a frecvenței și tensiunii s-a utilizat un magnet multipolar (24 poli) rotitor și două circuite cu elemente Hall, SM 231, așezate tangențial la periferia

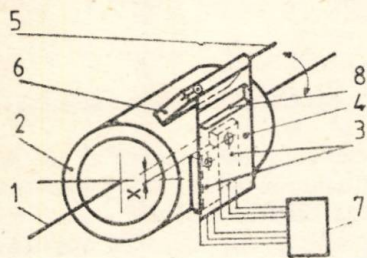


Fig. 6. Sistem de variație evasicontinuă a frecvenței sau tensiunii de ieșire.

- 1 — Ax de rotație;
- 2 — Magnet multipolar;
- 3 — Elemente Hall;
- 4 — Suport și magneti bipolari;
- 5 — Axul suportului;
- 6 — Magnet de sacadare;
- 7 — Circuite basculante D;
- 8 — Magnet de polarizare;

magnetului, dar decalate spațial de-a lungul circumferinței conform figura 6. Astfel, în timpul rotirii magnetului, circuitele SM 231 produc un număr de impulsuri proporțional cu unghiul de rotație, defazajul între ele fiind pozitiv sau negativ în funcție de sensul de rotație. Prelucrarea impulsurilor cu basculante D asigură creșterea sau descreșterea afișajului digit cu digit.

6. Concluzii

Utilizarea unor scheme originale cu componente uzuale a condus la performanțe ridicate: mixerele duble nu necesită filtre complexe; tranzistoarele cu efect de cîmp, cu curent de poartă în conducție, constituie comutatoare cu capacități mici și rezistențe reduse în conducție; detectorul polifazat redresează tensiunea la frecvențe joase cu constante de timp mici; variația manuală a frecvenței și tensiunii cu magnet rotitor și elemente Hall este simplă și fiabilă. Toate acestea au condus la un sintetizor cu distorsiuni mici (0,01%) și timpi de stabilire reduși (50 ms la 1 kHz).

CZ 681.332 : 621.793

FIABILITATE
METALIZĂRI
ENERGII DE ACTIVARE

Evaluarea energiilor de activare pentru mecanismele de defectare apărute la nivelul metalizării circuitelor integrate și tranzistoarelor de radiofrecvență

ANCA STOICA*, RODICA PLUGARU*, MARIANA DRĂGAN*,
MARIUS BĂZU*, LUCIAN GĂLĂȚEANU*, VIRGIL ILIAN* — BUCUREȘTI

Introducere

Studiul mecanismelor de defectare ce se manifestă la nivelul metalizării a apărut ca o necesitate impusă de faptul că 20–30% din defectele observate la tranzistoarele de RF și circuitele integrate supuse testelor de îmbătrânire accelerată se datoresc deteriorării tra-seelor de aluminiu.

Caracterul de noutate constă în identificarea mecanismelor de defectare apărute la nivelul metalizării, stabilirea proceselor fizice care le determină și studiul statistic pentru fiecare populație de componente în parte.

1. Rezultate experimentale

S-au efectuat încercări accelerate pentru tranzistoarele de RF și circuite integrate conform tabelului 1. Măsurătorile electrice și ana-

liza SEM a dispozitivelor defectate în încercările accelerate au permis stabilirea următoarelor mecanisme de defectare tipice metalizării de aluminiu:

— electromigrare;

Tabelul 1

Încercări accelerate pentru tranzistoare RF și circuite integrate

Dispozitiv	Tip capsulă	Condiții de stress			Mecanisme de defectare **
		P	T	H*	
Tranzistoare RF	TO 60	×	×		1,2 1,2,3
	TO 39	×	×	×	1,2 1,2,3
Circuite integrate	TO 116	×	×	×	1 1,3

* P — polarizare
T — temperatură
H — umiditate

** 1 — electromigrare
2 — dizolvare Si în Al
3 — coroziune

* Centrul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Componente Electronice — București.

Tabelul 2

Energii de activare și factori de accelerare pentru mecanismele de defectare apărute la nivelul sistemului de metalizare

Mecanism de defectare	Factori de accelerare	Condiții care favorizează defectarea	Energii de activare	
			tr. RF	CI
electromigrarea	T_j	T_j , aria, mărimea granulelor	0,57 . . . 0,65 eV	0,81 eV
dizolvarea Si în Al coroziune chimică	T_j temperatură, umiditate	T_j contaminanți, umiditate	0,69 eV 0,60 eV	0,95 eV

- dizolvarea siliciului în aluminiu;
- coroziunea aluminiului.

Electromigrarea este un fenomen de transport de masă, care conduce la formarea de goluri, crăpături, îngustări sau aglomerări de material în conductorul supus unei densități mari de curent (10^5 A/cm²) și temperaturi ridicate [1, 2].

Formarea golurilor are loc în punctele de divergență mare a fluxului: interfața metal-substrat, marginile traseului de aluminiu sau în regiunile în care are loc schimbarea bruscă a granulației de-a lungul metalizării.

Formarea fisurilor traseelor de aluminiu este legată de o caracteristica a metalizării — granulația — și de existența unui anumit raport între lățimea traseului și dimensiunea granulelor de aluminiu. Factorii favorizanți ai acestor neuniformități ale granulației traseelor sînt: calitatea substratului, viteza de depunere și temperatura de sinterizare a aluminiului. Prelucrarea statistică a datelor experimentale s-a făcut în ipoteza unei legi de distribuție lognormală a defectelor. Energia de activare E_a s-a calculat ținându-se seama de dependența defectărilor de temperatură, după o lege Arrhenius [3].

Energia de activare determinată pentru tranzistoarele de RF și circuitele integrate este dată în tabelul 2 împreună cu factorii de accelerare pentru acest mecanism de defectare.

Dizolvarea siliciului în aluminiu datorată faptului că aluminiul poate accepta ioni de siliciu în rețeaua proprie a condus la scurtcircuitarea emitorului la colector prin pătrunderea în adîncime a interfeței metal-semiconductor. Energia de activare determinată (legea Arrhenius) pentru acest mecanism de defectare în cazul tranzistoarelor de RF a fost de 0,69 eV (tabelul 2).

Dispozitivele supuse stressului de temperatură-umiditate-polarizare se defectează prin migrarea electrochimică a aluminiului la pătrunderea în capsulă a vaporilor de apă. Corodarea metalizărilor apare în condițiile existenței umezelii și ionilor de impuritate cu care formează un electrolit.

În cazul coroziunii, relația Arrhenius a fost modificată în sensul însumării temperaturii de funcționare cu umiditatea relativă pentru calculul energiilor de activare, utilizându-se modelul Reich-Hakim [4]. Energiile de activare obținute sînt date în tabelul 2.

2. Concluzii

Încercările accelerate implică utilizarea unor legi de distribuție statistică a defectărilor cît mai corecte, deoarece rezultatele obținute trebuie extrapolate în timp și la alte condiții de solicitare.

Întrucît factorii aleatori intervin în mod diferit în determinarea fenomenelor fizico-chimice care conduc la defectarea componentelor semiconductoare, legile statistice de distribuție a defectărilor sînt diferite pentru fiecare mecanism de defectare în parte. Studiile experimentale și teoretice realizate au dus la identificarea mecanismelor de defectare tipice pentru sistemele de metalizare cu aluminiu ale semiconductoarelor, determinîndu-se energiile de activare pentru populațiile de componente defectate prin aceste mecanisme.

Bibliografie

- [1] Rosenberg, R., Ohring, M. J. Appl. Phys., 42, p. 5671, 1971.
- [2] Schwartz, J. A. J. Appl. Phys., 61, p. 801, 1987.
- [3] Gălățeanu, L., Băzu, M., Vierșan, A. Lucrările CAS, p. 37, 1987.
- [4] Lycoudes, N. Solid. St. Technology, oct. 1978.

Studii de optimizare a configurației interne a modului de 300 A și 1000 V cu tranzistoare

DUMITRU SDRULLA*, SORIN GEORGESCU*, ION GHITĂ*, MILAN PELEANU* — BUCUREȘTI

Introducere

Extinderea și diversificarea producției de module de putere la majoritatea firmelor producătoare de dispozitive semiconductoare, lucrările comune de elaborare a unei serii unitare constructiv de module cu tranzistoare și cererea imperioasă a producătorilor interni de acționări electrice principale competitive ca performanțe și gabarit au determinat lansarea în asimilare a unui modul de 300 A și 1000 V cu tranzistoare. Conceput inițial, ca temă tehnică, ca o asamblare compactă a structurii tranzistorului de putere GT 400 (400 A, 1000 V) și a diodei rapide D208S, proiectul a evoluat spre o configurație cu trei elemente semiconductoare. Lucrarea prezintă stadiul actual al cercetărilor întreprinse pentru stabilirea unei configurații interne cât mai performante.

1. Construcție și tehnologie

Modulul de 300A cu tranzistoare (MTR 300, fig. 1) a fost realizat prin conectarea, prin presarea a trei structuri de dispozitive semiconductoare de putere: tranzistorul „driver” GT 100 al cărui emitor comandă baza tranzistorului „de forță” GT 400 și o diodă rapidă conectată între colectorul și emitorul acestuia din urmă. Structurile sînt izolate de placa de bază cu discuri de Al_2O_3 , între structuri și discuri fiind intercalate rondelle de Ag. Emitorul și colectorul „de forță” se conectează cu șuruburi și piulițe M8, terminalele de comandă și control (baza — B, baza internă — BX și emitorul — E), fiind prevăzute a se conecta cu șuruburi M4. Schema electrică completă a modului este dată în figura 2, iar componența variantelor studiate apare în tabelul 1.

Pentru studierea influenței duratei de revenire t_{rr} a diodei asupra valorii puterii instantanee suportate de tranzistor în invertore, modulele au fost echipate cu 2 tipuri de diode: D208S, $t_{rr} < 2/\mu s$ și D495, t_{rr} aprox. $4/\mu s$.

Micșorarea timpului de stocare (deci creșterea frecvenței de lucru) poate fi făcută prin extragerea unui curent mare din baza tranzistorului GT 400 prin borna BX. Montarea, cu rășini epoxidice conductive și cu fir de Al, a unei

diodă de extracție (SUD 2) permite analiza comparativă a timpilor de comutare. Trebuie remarcat faptul că tranzistorul GT 100 are dioda de extracție (SUD 1) integrată în structură.

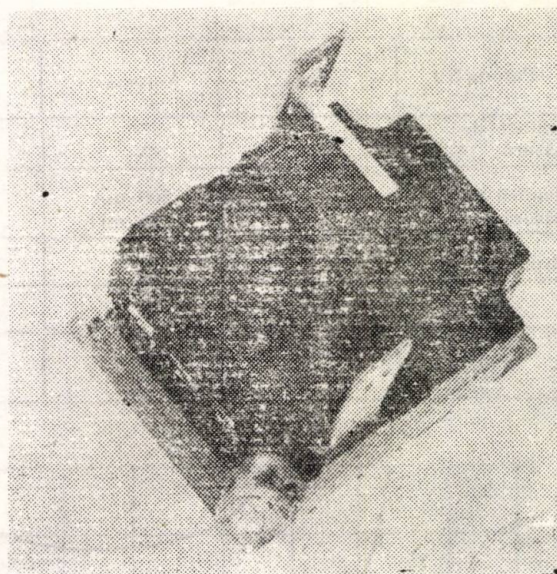


Fig. 1. Modelul de 300 A cu tranzistoare (MTR 300).

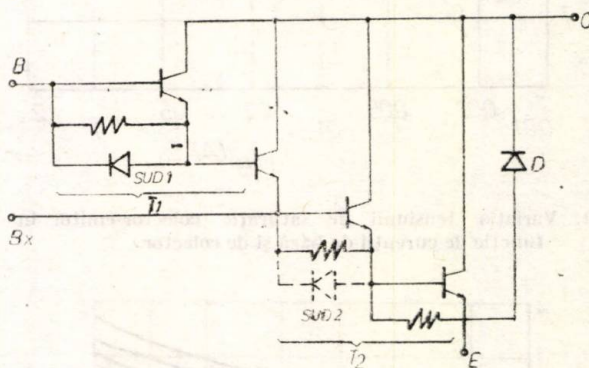


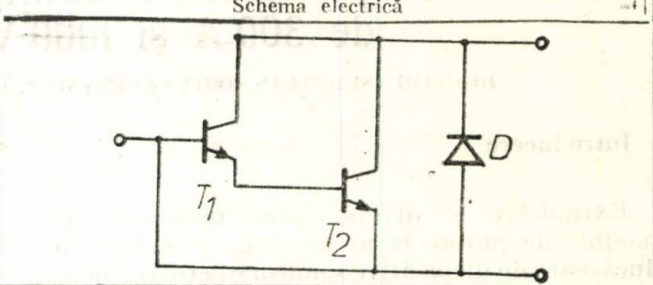
Fig. 2. Schema electrică a modului MTR 300.

2. Rezultate experimentale

În acest stadiu de lucru au fost evaluate o parte din performanțele electrice statice ale modulelor realizate. Astfel, tabelul 2 prezintă principalii parametri statici măsurați. Se remarcă faptul că, deși modulul are practic 4 tranzistoare legate în configurație Darlington, tensiunile de saturație colector-emitor și bază-

* Întreprinderea de Piese Radio și Semiconductori — Băneasa.

Tabelul 1

Nr. crt.	Componența modulelor			Schema electrică
	T ₁	T ₂	D	
= 2	GT 100	GT 400	D 208 S	
= 5	GT 100	GT 400	D 495	
= 8	GT 100	GT 400 SUD	D 208 S	

Tabelul 2

Parametru	I _{CES}	V _{CEO(sus)}	V _{CE sat}	V _{BE sat}	h _{FE}	V _F
Unitate de măsură	mA	V	V	V	—	V
Condiții de măsură	cf. tabel	200 mA 25 mH	200 A/1A	200 A/1A	200 A/5V	200 A
Disp. ≠ 2	10/300 V	400	2,8	3,5	4000	1,5
≠ 5	1/480 V	500	3,1	3,6	4000	1,4
≠ 8	2/600 V	450	2,8	3,5	2000	1,5

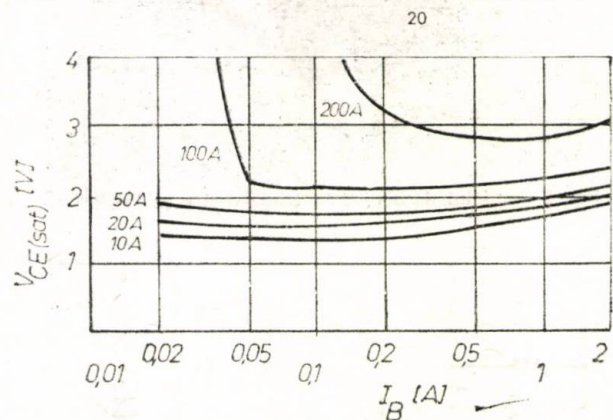


Fig. 3. Variația tensiunii de saturație colector-emitor în funcție de curenții de bază și de colector.

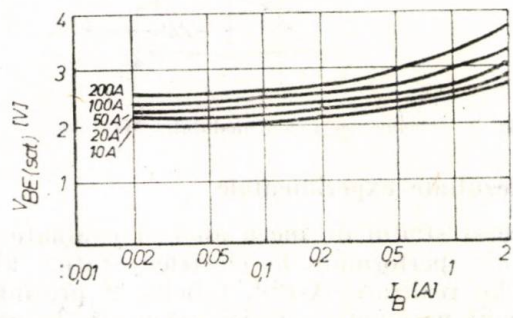


Fig. 4. Variația tensiunii de saturație bază-emitor în funcție de curenții de bază și de colector.

emitor au valori relativ mici. Factorul de amplificare statică în curent, hFE, are valori cuprinse

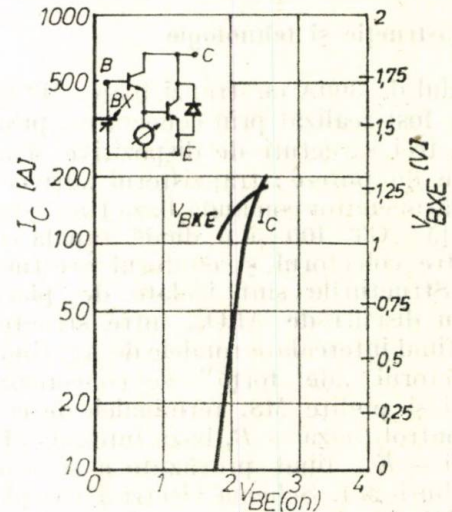


Fig. 5 — Variația curentului de colector și a tensiunii la borna BX în funcție de tensiunea bază-emitor V.

între 2000—4000 și se află în zona de descreștere.

Variația tensiunii de saturație colector-emitor $V_{CE(sat)}$ cu curentul de bază pentru diferiți curenți de colector este prezentată în figura 3. Se remarcă un palier de saturare convenabilă pentru curenți de bază între 0,2 . . . 1A, domeniu pentru care tensiunea de saturație bază-emitor $V_{BE(sat)}$, a cărei variație în condiții similare este prezentată în figura 4, nu depășește 3,5 V.

Variația curentului de colector cu tensiunea de intrare bază-emitor, $V_{BE(on)}$ apare în figura 5

Simultan a fost înregistrată și valoarea tensiunii V_{BxE} , parametru important pentru aprecierea curenților de colector prin tranzistoare. Se poate aprecia, în cazul prezentat, că tranzistorul „driver” GT 100 suportă cea mai mare parte din curentul total în domeniul de curenți investigat (limitat la 200A datorită limitărilor aparaturii de testare).

3. Concluzii

Măsurătorile efectuate arată că modulul MTR 300 corespunde cerințelor. Programul de investigare trebuie continuat cu măsurarea timpilor de comutare pe sarcina inductivă, cu determinarea ariei de funcționare sigură la comutarea inversă, cu evaluarea suprasarcinii accidentale de curent.

... Lucrările continuă.

CZ 621.316.5 : 621.311.1

CIRCUIT INTEGRAT
INTERFAȚA
AUTOMATIZARE

Circuite integrate de interfață pentru automate programabile

RADU RÂPEANU*, LEONARD SÂRBU** — BUCUREȘTI

Introducere

Cerințele impuse interfețelor de intrare/ieșire dintre automatele de proces cu circuite digitale (TTL, MOS) și procesul industrial sînt numeroase, depinzînd deseori de specificul aplicației. De exemplu : a) transformarea parametrilor electrici de intrare în nivele TTL (MOS) de tensiune; b) transformarea nivelelor logice de ieșire în semnale de comandă a elementelor de execuție (bobine de relee, motoare, pompe etc.) c) imunizarea semnalelor de intrare la parazii electrici; d) protejarea circuitelor digitale din sistem, în cazul unor accidente de proces pe liniile de intrare sau ieșire.

La aceste funcții se pot adăuga și altele, menite să crească fiabilitatea sistemului și siguranța în exploatare : e) izolarea galvanică între liniile de intrare, ieșire și sistem; f) protecția interfețelor la avarii în proces; g) posibilitatea testării prin program (în cazul automatelor programabile, cu linii suplimentare de intrare/ieșire a funcționalității circuitelor de interfață etc.

Pentru a acoperi o gamă cît mai largă de aplicații cu circuite fiabile și performante, secția de Circuite Integrate din IPRS-Băneasa a abordat o colaborare cu Întreprinderea Automatica pentru proiectarea a două circuite integrate de interfață, bazate pe scheme electrice originale, propuse de beneficiar.

S-a urmărit interfațarea mărimilor electrice de tip „tot sau nimic” (contact închis/deschis), de curent continuu sau alternativ. Au apărut astfel două circuite integrate: $\beta U 14202$ și $\beta U 14204$, aflate în prezent în fază de prototip.

1. $\beta U 14204$: circuit cuadruplu de intrare

Proiectarea schemei electrice a avut următoarele obiective : a) un circuit de intrare ușor adaptabil (cu puține componente externe) semnalului de proces; b) comparator de nivel cu histerezis și filtru trece jos cu condensator exterior; c) ieșire TTL cu colector în gol, pentru comanda optocuploarelor; d) 4 celule de interfață identice.

În figura 1 se dă schema bloc a uneia din cele 4 celule ale circuitului integrat $\beta U 14204$, alături de caracteristica de transfer.

Este vorba de un comparator de curent (Norton) în două cadrane, avînd pragurile de basculare la $\pm 145 \mu A$ și histerezis de $35 \mu A$ (24%).

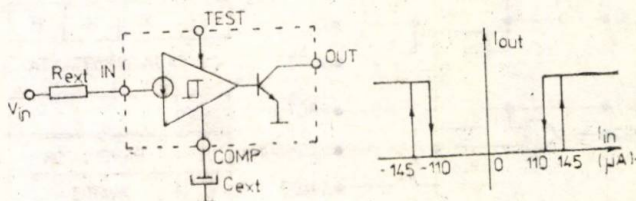


Fig. 1. Schema bloc a unei celule din circuitul integrat $\beta U 14204$ și caracteristica de transfer.

Adaptarea la semnalul de tensiune (continuă sau alternativă) din proces se face cu o singură rezistență exterioară, inseriată cu intrarea. În această configurație, gama tensiunilor de intrare pornește de la $\pm 1V$, nefiind teoretic limitată superior. În plus, apariția unei tensiuni accidentale pe linia de intrare (380 V față de 12V, de exemplu) NU DISTRUGE circuitul integrat, ea traducîndu-se într-o creștere de curent tolerabilă (4,5 mA față de $150 \mu A$).

Filtrul trece jos (pentru deparazitări) folosește un condensator exterior, C_{ext} . Dimensio-

* Întreprinderea de Piese Radio și semiconductori — Băneasa.

** Întreprinderea Automatica — București.

narea componentelor R_{ext} , C_{ext} se face cu ajutorul următoarelor relații (s-a notat cu τ constanta de întârziere a filtrului trece jos):

$$R_{ext} \approx V_{in\ max}/0,3\ \text{mA};$$

$$C_{ext} \approx 0,1/\mu\text{F/ms} \times \tau.$$

Etajul de ieșire este de tip colector în gol, având o tensiune de străpungere de +40V, respectiv un curent de conducție de minimum 50 mA.

Cele 4 celule din circuitul $\beta\text{U 14204}$ au o intrare comună (TEST), pentru testarea interfețelor în timpul lucrului. Ea are 3 stări, putând comanda, prin conectare la masă sau la tensiunea de alimentare blocarea, respectiv conducția tuturor celor 4 ieșiri ale circuitului. Lăsată în gol, intrarea TEST nu are influență în schemă, rămânând la un potențial de cca 6 V. Ea permite depistarea prin program a eventualelor avarii ale circuitelor de interfață, cele mai expuse accidentelor de proces.

2. $\beta\text{U 14202}$: circuit dual de ieșire

Circuitul integrat $\beta\text{U 14202}$ este destinat comenzii elementelor de execuție putând alimenta sarcini de curent continuu sau alternativ. El conține două canale identice (conform schemei bloc din fig. 2), echipate cu câte un bistabil LATCH de memorare a stării. Încărcarea bistabililor se face cu intrări de date separate și intrare comună de strob, compatibile TTL, CMOS.

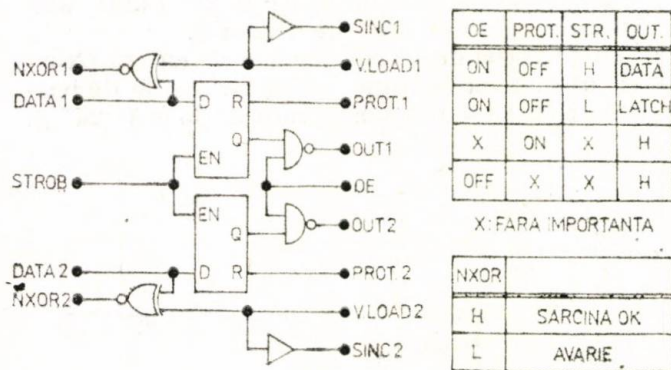


Fig. 2. Schema bloc a circuitului integrat $\beta\text{U 14202}$.

Ieșirea bistabilului comandă o poartă de putere (Darlington NPN cu colectorul în gol) având tensiune de străpungere de 40 V și curent de conducție de minimum 200 mA.

Fiecare canal are o intrare de protecție (PROT), care resetează bistabilul la detectarea unui scurtcircuit în sarcină. Intrarea V. LOAD este destinată urmăririi tensiunii pe circuitul de sarcină. Ea CONFIRMĂ executarea comenzii (pornit/oprit) transmise de sistem la intrarea DATA: în cazul unei avarii (sarcină întreruptă sau în scurtcircuit) ieșirea NXOR trece în starea logică „0”, dând astfel alarma către sistemul automat. Ieșirile NXOR sînt tranzistoare NPN cu colector în gol, putînd fi conectate împreună într-o funcție logică, „SI”.

În cazul aplicațiilor de curent alternativ, circuitul $\beta\text{U 14202}$ poate comanda triace în regim „cu undă plină”. Aici, intrarea V. LOAD are și funcția de detector de trecere prin zero a tensiunii de sarcină. Pentru generarea impulsurilor de amorsare, ieșirile de sincronizare SINC1, SINC2 se conectează prin intermediul unor condensatoare exterioare la intrarea OE. În astfel de aplicații, circuitul integrat $\beta\text{U 14202}$ se alimentează „direct de la rețea”, cu o schemă simplă de redresare monoalternanță și rezistență serie. Faptul este posibil datorită curentului de alimentare redus (tipic 4 mA) și aproape constant în gama tensiunii de alimentare: 4V 40V.

3. Concluzii

S-au prezentat două circuite integrate de interfață pentru automate industriale cu circuite digitale. Ele manipulează semnale electrice cu două stări (închis/deschis, pornit/oprit) și acoperă ca aplicabilitate, marea majoritate a schemelor de interfață din automatele programabile.

Circuitele integrate $\beta\text{U 14202}$, $\beta\text{U 14204}$ sînt compatibile TTL, CMOS și au scheme electrice protejate la stări de avarie în proces. În plus, ele oferă posibilitatea testării funcționale în timpul lucrului și a confirmării comenzilor date elementelor de execuție.

CZ 621.313.3 : 621.3.027

REFERINȚĂ DE TENSIUNE
COMPENSARE TERMICĂ
JONȚIUNE PN

Un proces de realizare a diodelor referință de tensiune termocompensate

ADRIAN VERON* MĂDĂLINA OIHANESIAN* — BUCUREȘTI

Introducere

Referințe de tensiune compensate termic pot fi obținute prin inserierea unei diode Zener cu una sau mai multe joncțiuni pn polarizate direct, astfel încât să se minimizeze coeficientul de temperatură al tensiunii de referință [1]. Condiția critică de funcționare a unei structuri de acest tip este o bună cuplare termică între joncțiuni. În lucrare este prezentat un procedeu de fabricare a unei referințe de tensiune performante prin integrarea verticală pe aceeași față a unui singur cip a unei diode Zener de 5,6 V în serie cu o joncțiune pn polarizată direct [2].

1. Structura dispozitivului

Sînt cunoscute diferite variante de cuplare electrică și termică a joncțiunii Zener cu joncțiunea polarizată direct (fig. 1): (a) montarea într-o nouă capsulă a două diode discrete selectate în scopul compensării coeficienților de

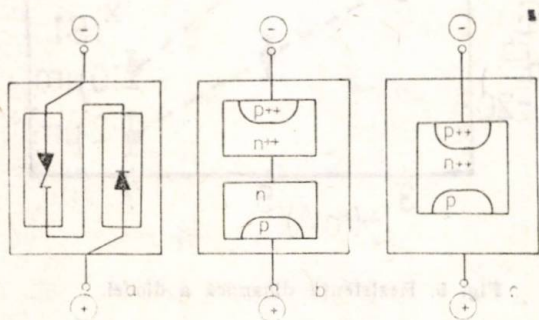


Fig. 1. Variante de cuplare electrică și termică a joncțiunii Zener cu joncțiunea pn polarizată direct.

temperatură; (b) montarea în aceeași capsulă a două cipuri distincte realizate și testate separat [3]; (c) implementarea celor două joncțiuni pe fețele opuse ale unei structuri semiconductoare unice. Primele două variante prezintă dezavantajul unui cuplaj termic slab și nereproductibil, iar ultima necesită un proces tehnologic complicat.

Dispozitivul propus în lucrare (fig. 2) înlătură aceste dezavantaje prin realizarea celor două joncțiuni pe aceeași față a unui singur cip utilizînd procese standard specifice circuitelor

integrate bipolare. Elementul principal al structurii este constituit dintr-un strat îngropat n^{++} , obținut prin difuzia stibiului în plachete epi p/p^{+} . Acesta formează cu substratul joncțiunea pn polarizată direct, iar cu o difuzie superficială p^{++} joncțiunea Zener de 5,6 V. Un strat epi n subțire asigură străpungerea în volum a joncțiunii Zener. Zona activă a dispozitivului este delimitată printr-o difuzie de izolare p^{+} .

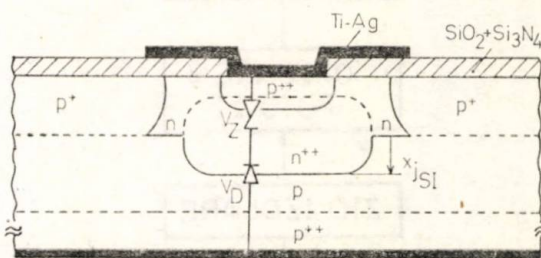


Fig. 2. Structura referinței de tensiune termocompensate.

2. Procesul tehnologic

Principalele etape ale realizării structurii semiconductoare sînt indicate în figura 3. Stratul epi p de rezistivitate $10-12 \text{ ohm} \cdot \text{cm}$ și grosime $15-16 \mu\text{m}$ este crescut pe plachete substrat p^{++} de orientare (111) și diametru 76 mm. Stratul îngropat obținut prin difuzia Sb din sursă „spin-on” la 1200°C în N_2/O_2 are o rezistență de pătrat de $20-25 \text{ ohm}$. Stratul epi n de grosime $1,2-2 \mu\text{m}$ și rezistivitate $1-2 \text{ ohm} \cdot \text{cm}$ este relativ ușor penetrat de difuzia de izolare efectuată la 1200°C în O_2 . Predifuzia de izolare și difuzia p^{++} sînt efectuate din plachete BN975 printr-un proces cu injecție de H_2 în două trepte $970/1050^{\circ}\text{C}$. Coeficientul de temperatură al tensiunii de referință este minimizat prin ajustarea profilelor de impurități ale stibiului și borului. Structura este pasivată cu Si_3N_4 depusă la 750°C prin reacția SiH_4/NH_3 . Metalizarea Ti/Ag realizată prin depunere în vid și îngroșare electrochimică selectivă permite montarea diodei în capsula de sticlă DO35.

3. Performanțe electrice

Parametrii electrici semnificativi ai diodelor stabilizatoare de tensiune sînt: coeficientul de temperatură al tensiunii de referință și rezistența dinamică la curentul de lucru. Diametrul joncțiunilor a fost astfel ales încît să se minimizeze

*Întreprinderea de Piese Radio și Semiconductori — Băneasa.

coeficientul de temperatură al tensiunii de referință de 6,2 V la un curent de 5 mA (fig. 4). Acest coeficient a fost măsurat prin imersarea diodelor într-o baie cu apă deionizată menținută la 0°C (amestec de apă și gheață), respectiv la 100°C



Fig. 3. Principalele etape ale procesului tehnologic de realizare a structurii semiconductoare.

(apa la fierbere). Valoarea minimă a coeficientului de temperatură se obține pentru tensiuni de referință în jur de 6,15 V. Cuplarea celor două joncțiuni printr-un efect de tranzistor parazit ($p^{++}/n^{++}/p$) poate induce valori negative ale rezistenței dinamice la 5 mA (fig. 5). Acest efect poate fi atenuat prin mărirea distanței dintre joncțiuni: adâncirea stratului îngropat și/sau îngroșarea stratului epi n. Rezistența dinamică negativă poate fi de asemenea compensată prin rezistența serie a unui strat epi p mai gros. Aceste măsuri permit obținerea

unor valori foarte mici (practic zero) ale rezistenței dinamice la curentul de funcționare specificat.

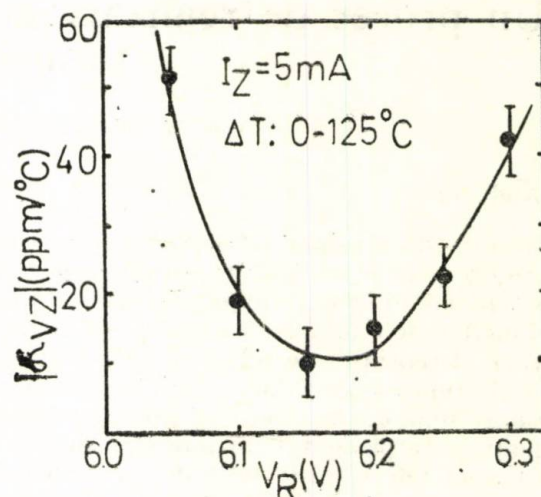


Fig. 4. Coeficientul de temperatură al tensiunii de referință.

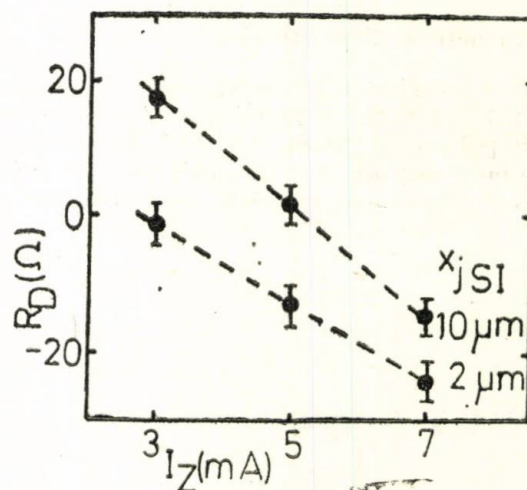


Fig. 5. Rezistența dinamică a diodei.

4. Concluzii

Procesul propus permite realizarea unor referințe de tensiune relativ simple cu un coeficient redus de temperatură al tensiunii de referință și cu o rezistență dinamică practic nulă la curentul de lucru. Străpungerea în volum a joncțiunii Zener asigură un zgomot redus și o bună stabilitate în timp a tensiunii de referință.

Bibliografie

- [1] Dolega, U. Intermetall Application Note, Intermetall, Freiburg (1970).
- [2] Brevet R. S. R. nr. 824/22.11.1988.
- [3] Bungărzanu, C., Bucur, M. Lucrările CAS, 53 (1984).

CZ 621.3.085 : 621.396.2 : 621.315

DISPOZITIVE SEMICONDUCTOARE DE PUTERE
MODULE DE PUTERE
CERAMICA PLACATĂ

Dispozitive semiconductoare în tehnologie BCP

MILAN PELEANU*, IONEL ȘOCACIU* — BUCUREȘTI

Introducere

Tehnologia de fabricație a dispozitivelor semiconductoare de putere (DSP) cu Baza din Ceramică Placată (BCP) constituie o direcție nouă în fabricarea integrată a DSP care beneficiază de izolarea de potențial față de radiator și putere maximă disipată în această configurație.

Integrarea DSP permite obținerea de gabarite reduse prin interconectări interne, lipite, pe distanțe mici cu consum redus de material.

Izolarea de potențial permite montarea mai multor dispozitive pe același radiator iar placarea ceramicii cu folie de cupru permite obținerea unor performanțe ridicate de transfer de căldură spre radiatorul extern.

În tehnologia BCP structurile de siliciu sînt lipite pe fața placată cu folie de cupru iar contactul cu radiatorul extern se face direct pe ceramică.

În această tehnologie se pot realiza DSP compacte, ca : semipunți, punți mono și trifazate, comandate sau semicomandate cu sau fără protecție la supratensiuni.

1. Procedură experimentală

După testarea ceramicii placate cu cupru la cicluri de temperatură $-40; +150^{\circ}\text{C}$ (aprox. 20 cicluri) cu rezultate bune s-a trecut la realizarea unor dispozitive semiconductoare (DS) simple utilizînd semifabricate existente sau realizabile la noi.

În figura 2 este prezentată o secțiune într-o punte monofazată realizată în tehnologie BCP în S.2300.

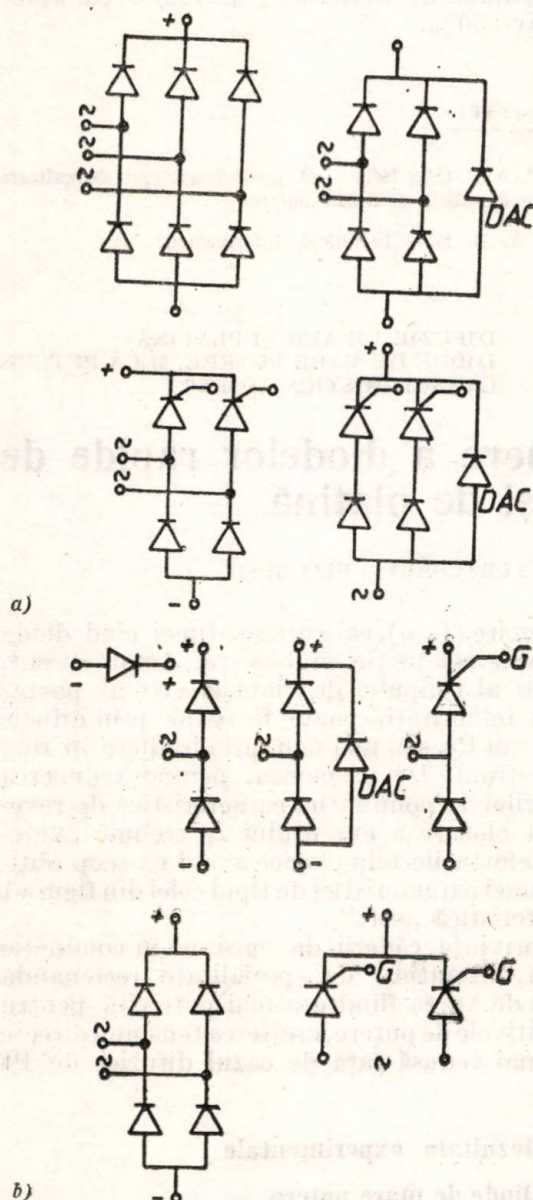


Fig. 1. Fig. 1.a. Fig. 1.b Configurații tipice de punți mono și trifazate comandate sau semicomandate, cu sau fără protecție la supratensiuni, semipunți.

*Întreprinderea de Piese Radio și Semiconductori — Băneasa.

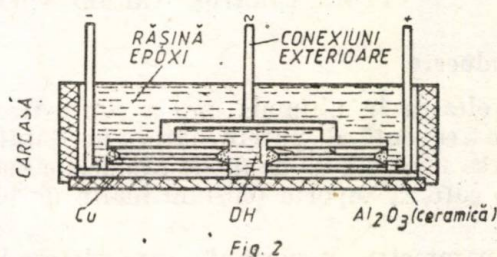


Fig. 2. Secțiune într-o punte monofazată realizată în tehnologia BCP.

Carcasa are cotele de gabarit $35 \times 25 \times 12$, în partea inferioară este baza dintr-o plăcuță ceramică de $22 \times 21 \times 0,6$ din Al_2O_3 placată cu folie de cupru de 0,5 mm grosime.

Pe partea placată cu cupru au fost lipite diode de tip DH5 ($\varnothing 7$) prezentate în comunicări anterioare [1], pasivate și testate electric. Lipirea diodelor și conexiunilor s-a făcut simultan cu PbSn (LP60) și flux decapant în etuvă la 220°C în atmosferă obișnuită.

Baza ceramică, astfel obținută, cu diode și conexiuni exterioare a fost lipită cu adeziv de carcasa din rășină. După polimerizarea rășinii de lipire, carcasa se umple cu rășină epoxi pen-

tru etanșare și rigidizarea conexiunilor exterioare.

2. Rezultate obținute

Parametrii electrici și termici obținuți au fost următorii:

$$I_{FAV} = 25A; V_R = 1600V; V_{izol} = 3500V;$$

$$R_{thjc} \leq 1,5^\circ C/W.$$

Așa cum se vede, caracteristicile punții nou realizate sint superioare actualei punți 20PM deși gabaritul este mai mic: $35 \times 25 \times 12$ față de $40 \times 40 \times 15$ mm.

3. Concluzii

Folosirea ceramicii ca izolator și bază (suport) prin care se face transferul de căldură conferă drumul minim (cu minimum de suprafețe în contact) prin care fluxul de căldură disipată în regiunea activă a D. S. ajunge la radiatorul extern. Contactul oxid de cupru — oxid de aluminiu, prin care folia de cupru pe care se lipește structura este contactat cu ceramica se comportă

bine la diferențe mari de temperatură ($-40; +150^\circ C$) fără a provoca fisuri în ceramică sau desprinderi ale cuprului de pe ceramică.

Lipirea pe suprafața placată, fiind o lipire, cu aliaj moale tip PbSn, pe cupru nu creează probleme fie că este vorba de lipirea unui ansamblu (DH sau Mo-Si-Mo), sau direct a unei structuri glasivate. Coeficientul de dilatare al foliei de cupru care plachează ceramica este mai apropiat de cel al ceramicii decât de al cuprului masiv [2]. În acest caz, rezistența la oboseală termică este mult îmbunătățită față de lipirea structurii de siliciu direct pe cupru masiv.

Comparind puntea monofazată în tehnologie BCP cu o punte cu performanțe identice în tehnologia actuală, cotele de gabarit (deci și consumul de materiale) se reduc cu aproximativ 50%.

Bibliografie

- [1], *** Vol. CAS-1985 — O nouă tehnologie de realizare a diodelor cu siliciu de medie putere.
[2] *** A. B. B. — Technical Information.

CZ 621.395.9 : 621.392.4

DIFUZIE DE AUR ȘI PLATINĂ
DIODE DE MARE PUTERE, MICĂ PUTERE
CARACTERISTICA „SOFT”

Aspecte privind tehnologia de obținere a diodelor rapide de putere: difuzia de aur și de platină

EUGEN LAKATOȘ*, CARMEN LIČEANU*, FLORIN TURȚUDĂU* — BUCUREȘTI

Introducere

Dezvoltarea în ultimul timp a convertizoarelor de frecvență, de putere mare, a necesitat și realizarea unor familii de diode rapide, de mare putere, care să suporte tensiuni înalte de blocare.

Un parametru important, care determină frecvența limită de funcționare, este curentul

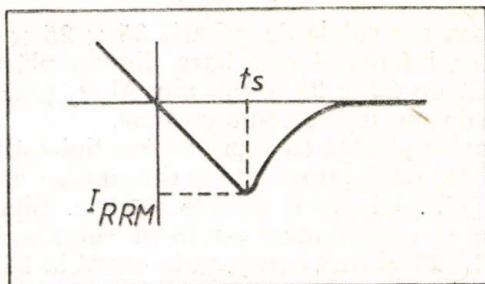


Fig. 1. Caracteristică de revenire în blocare a curentului I_R de tip „soft”.

*Întreprinderea de Piese Radio și Semiconductori—Băneasa.

de revenire (I_{RRM}), care apare atunci cînd dioda trece din conducție în blocare. Acest curent, rezultat al timpului de viață efectiv al purtătorilor minoritari, poate fi redus prin difuzie de Au sau Pt, sau mai nou, prin iradiere în flux de electroni. De asemenea, pentru reducerea pierderilor în comutație, caracteristica de revenire în blocare a curentului I_R trebuie „netezită”, eforturile tehnologice avînd ca scop obținerea unei caracteristici de tipul celei din figura 1 (caracteristică „soft”).

În privința căderii de tensiune în conducție directă, literatura de specialitate recomandă difuzia de Au ca fiind cea mai potrivită pentru dispozitivele de putere, creșterea tensiunii directe fiind mai redusă față de cazul difuziei de Pt [1].

1. Rezultate experimentale

Diode de mare putere

Au fost analizate efectele grosimii bazei (W) și ale temperaturii tratamentului de rapidizare, asupra formei caracteristicii de revenire în

blocare, realizându-se diode pe siliciu tip *N*, $\rho = 85 \pm 10 \Omega \cdot \text{cm}$, cu grosimi ale bazei de 120, 220, 260, 340 μm (diametru structură — 25 mm). Valorile obținute pentru timpul de stocare (t_s) sint: 1,5 — 3,8 μs , pentru difuzia de Au, 3,1 — 5,1 μs pentru difuzia de Pt.

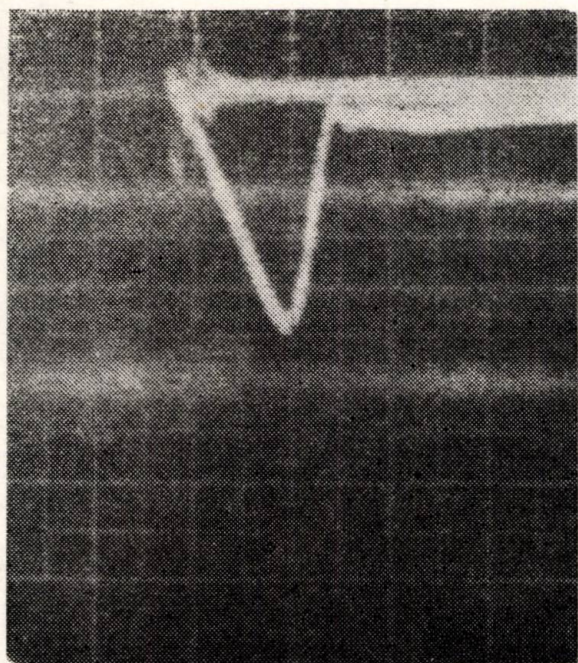


Fig. 2. Caracteristica de revenire în blocare pentru o diodă difuzată cu aur ($\rho_N = 85 \pm 10 \Omega \cdot \text{cm}$, $W = 120 \mu\text{m}$, $T = 830^\circ\text{C}$; $I = 20 \text{A/div}$, $t_s = 2 \mu\text{s/div}$).

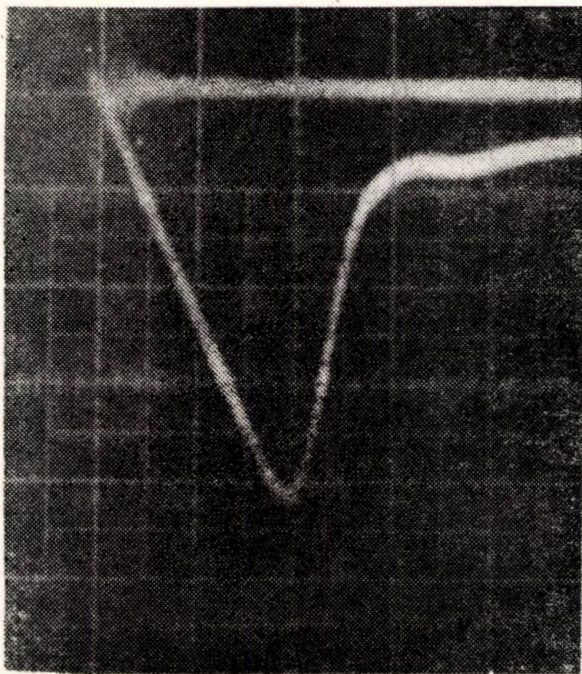


Fig. 3. Caracteristica de revenire în blocare pentru o diodă difuzată cu aur ($\rho_N = 85 \pm 10 \Omega \cdot \text{cm}$, $W = 340 \mu\text{m}$, $T = 830^\circ\text{C}$; $I = 20 \text{A/div}$, $t_s = 2 \mu\text{s/div}$).

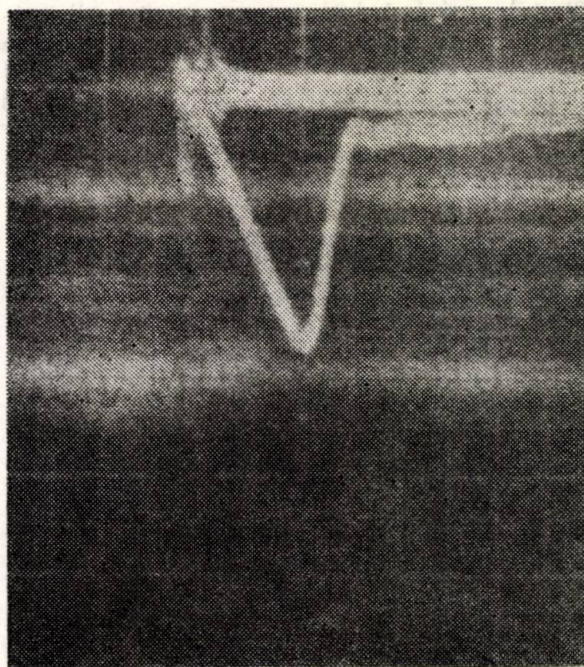


Fig. 4. Caracteristica de revenire în blocare pentru o diodă difuzată cu platină ($\rho_N = 85 \pm 10 \Omega \cdot \text{cm}$, $W = 120 \mu\text{m}$, $T = 830^\circ\text{C}$; $I = 20 \text{A/div}$, $t_s = 2 \mu\text{s/div}$).

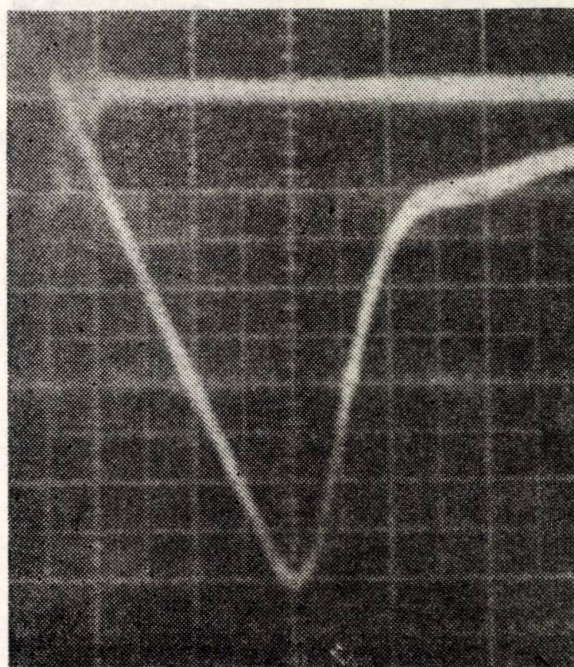


Fig. 5. Caracteristica de revenire în blocare pentru o diodă difuzată cu platină ($\rho_N = 85 \pm 10 \Omega \cdot \text{cm}$, $W = 340 \mu\text{m}$, $T = 830^\circ\text{C}$; $I = 20 \text{A/div}$, $t_s = 2 \mu\text{s/div}$).

Efectul grosimii bazei a fost studiat pe diode avind $W = 120 \mu\text{m}$, respectiv $340 \mu\text{m}$, rapidizate prin difuzie de Au la 830°C (fig. 2 și 3), respectiv difuzie de Pt la 830°C (fig. 4 și 5). Se observă efectul favorabil asupra formei caracteristicii, odată cu creșterea grosimii bazei, în sensul dispariției oscilațiilor.

Testele privind influența temperaturii tratamentului de rapidizare au fost efectuate la două temperaturi: 830°C, 870°C. De remarcat este influența nefavorabilă a temperaturii mari (870°C), comparativ cu temperatura mică (830°C) atât pentru difuzia de Au (fig. 6 și 7) cit și pentru difuzia de Pt (fig. 8 și 9).

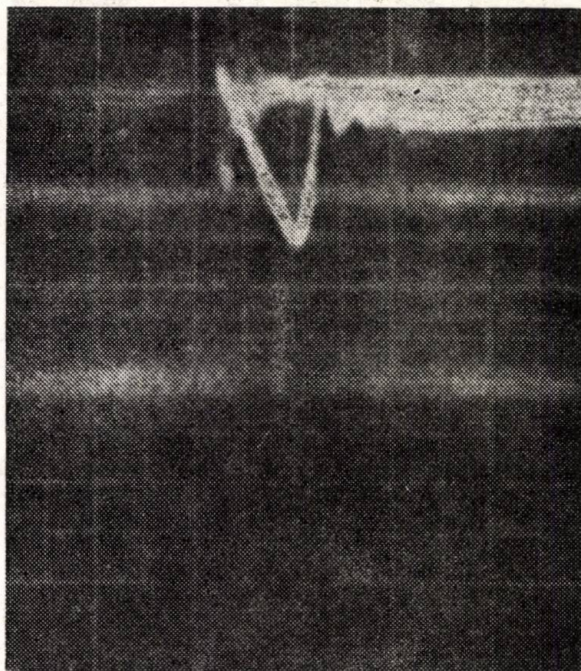


Fig. 6. Caracteristica de revenire în blocare pentru o diodă difuzată cu aur ($\rho_N = 85 \pm 10 \Omega\text{cm}$, $W = 260 \mu\text{m}$, $T = 870^\circ\text{C}$; $I = 20\text{A/div}$, $t_s = 2\mu\text{s/div}$).

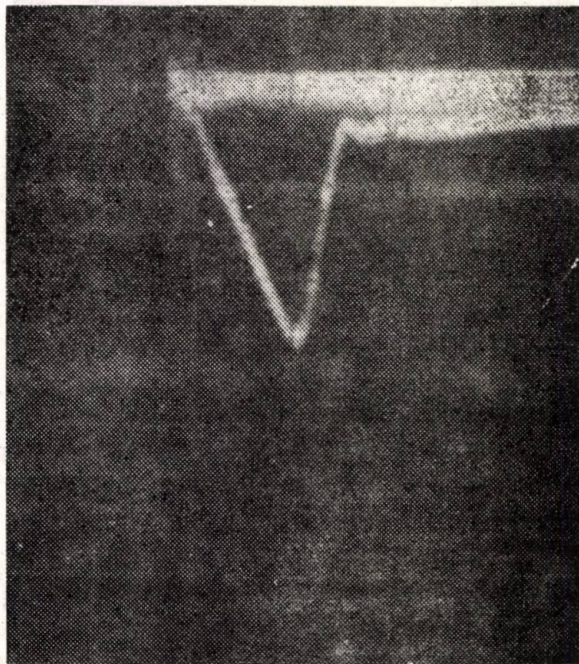


Fig. 7. Caracteristica de revenire în blocare pentru o diodă difuzată cu aur ($\rho_N = 85 \pm 10 \Omega\text{cm}$, $W = 260 \mu\text{m}$, $T = 830^\circ\text{C}$; $I = 20\text{A/div}$, $t_s = 2\mu\text{s/div}$).

Diode de mică putere

Studiul căderii de tensiune în conducție directă a fost realizat pe diode de mică putere și tensiune înaltă, folosind siliciu tip N, $\rho = 35-50 \Omega\cdot\text{cm}$ și temperaturi de rapidizare cuprinse între 800° și 900°C. S-a observat o creștere mai pronunțată a tensiunii directe pentru

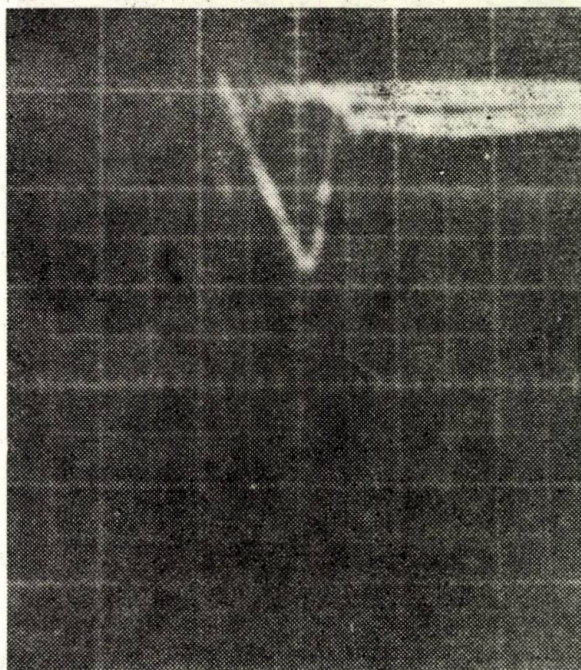


Fig. 8. Caracteristica de revenire în blocare pentru o diodă difuzată cu platină ($\rho_L = 85 \pm 10 \Omega\text{cm}$, $W = 340 \mu\text{m}$, $T = 870^\circ\text{C}$; $I = 20\text{A/div}$, $t_s = 2\mu\text{s/div}$).

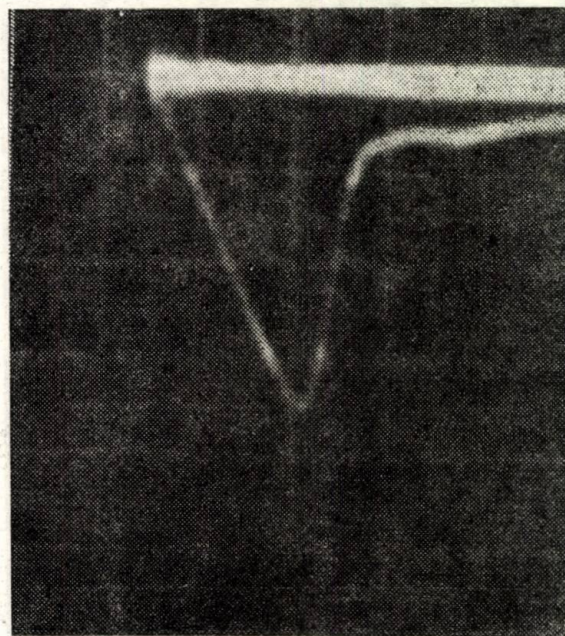


Fig. 9. Caracteristica de revenire în blocare pentru o diodă difuzată cu platină ($\rho_N = 85 \pm 10 \Omega\text{cm}$, $W = 340 \mu\text{m}$, $T = 830^\circ\text{C}$; $I = 20\text{A/div}$, $t_s = 2\mu\text{s/div}$).

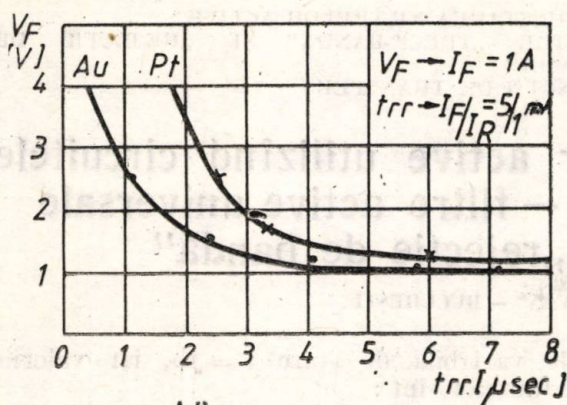


Fig. 10. Dependenta tensiunii directe funcție de timpul de revenire inversă și tipul dopantului.

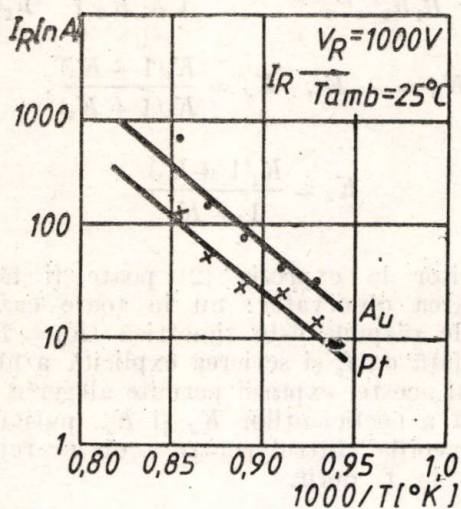


Fig. 11. Dependenta curentului invers funcție de inversul temperaturii de difuzie a Au și Pt.

difuzia de Pt comparativ cu difuzia de Au, în special la valori ale $t_{rr} \leq 3 \mu s$ (fig. 10). Acest fapt recomandă difuzia de Au pentru fabricarea dispozitivelor rapide de putere. De asemenea, se observă că pentru valori ale $t_{rr} \geq 4 \mu s$, valorile tensiunilor directe nu diferă mult, fapt ce recomandă în acest caz difuzia de Pt în locul difuziei de Au, deoarece pentru difuzia de Au curenții reziduali sînt mai mari (fig. 11).

6. Concluzii

Investigațiile experimentale prezentate, ne conduc la următoarele concluzii:

1. Forma netedă, de tip „soft”, a caracteristicilor de revenire în blocare, se obține prin difuzie de Au sau Pt la temperaturi de difuzie mici ($830^\circ C$), pe diode cu bază groasă ($W = 340 \mu m$).
2. Difuzia de Pt este recomandabilă pentru obținerea dispozitivelor semiconductoare rapide, de mică și medie putere, precum și pentru obținerea dispozitivelor de putere mai puțin rapide.
3. Difuzia de Au este necesară pentru obținerea dispozitivelor rapide, de putere, în special atunci cînd se cer valori ale timpilor de revenire, scăzute ($t_{rr} < 3 \mu s$).

Bibliografie

- [1] Baliga, B. J., Sun, E. — I. E. E. E., vol. ED-34, nr. 6 Iunie 1977, p. 685.
- [2] E. Lakatoș, F. Golu, C. Liiceanu, F. Turfudău, V. Loghin. — EEA — Automatică și Electronică, vol. 32 (1988), nr. 4, p. 173.
- [3] Gh. Dinoiu, E. Lakatoș, C. Liiceanu, D. Liiceanu, M. Niculae, F. Turfudău — Lucrările CAS, 1988, p. 37.

CZ 621.318.79 : 621.218

PROIECTAREA FILTRELOR ACTIVE
 FILTRE „TRECE-BANDĂ” ȘI „REJECTIE DE
 BANDĂ”
 FUNCȚII DE TRANSFER

Exemple de proiectare a filtrelor active utilizând circuitele integrate hibride H 951 și H 952 — filtre active universale

II. Filtre „trece-bandă” și „rejecție de bandă”

BENEDICT POPESCU*, ȘTEFAN IOVAN* — BUCUREȘTI

Introducere

Din marea varietate de filtre RC active configurația cunoscută sub denumirea de *bi-quad* s-a impus în ultima vreme datorită adaptabilității sale [1]. Dat fiind faptul că pentru funcțiile de filtrare „trece-jos” (TJ), „trece-sus” (TS) și „trece-bandă” (TB) structurile bi-quad sînt asemănătoare, acestea au putut fi integrate [2] într-un modul de filtru activ universal (FAU). Funcția de transfer „rejecție de bandă” (RB) poate fi obținută simplu [2] însumind ieșirile TJ și TS cu amplificatorul operațional suplimentar conținut în FAU. Omologat la CCSIT-CE în două variante (H 951 și H 952), FAU a fost descris detaliat în lucrarea [3].

Metodologia de proiectare a filtrelor active, bazată pe folosirea modulelor de FAU a fost prezentată în lucrarea [4]. În intenția de a oferi eventualilor utilizatori ai FAU un ghid prețios de proiectare, valabilitatea acestei metodologii a fost parțial verificată în lucrarea [5] prin analiza unor exemple reprezentative de proiectare a filtrelor TJ și TS.

Lucrarea de față — continuare a lucrării [5] — are ca obiect filtrele TB și RB. Dincolo de scopul practic al lucrării (ghid de proiectare) caracteristicile de transfer experimentale vor fi comparate cu cele obținute prin trasarea cu calculatorul a funcțiilor de transfer teoretice, respectiv prin analiza cu calculatorul a schemelor electrice detaliate.

1. Considerații teoretice

Pentru filtre cu 2 poli TB și RB funcțiile de transfer sînt date [3] de expresiile :

$$T_{TB}(s) = \frac{E_B(s)}{E_I(s)} = \frac{K_B(\omega_0/Q)s}{s^2 + (\omega_0/Q)s + \omega_0^2}, \quad (1)$$

respectiv :

$$T_{RB}(s) = \frac{E_J(s) + E_S(s)}{E_I(s)} = \frac{K_J\omega_0^2 + K_Ss^2}{s^2 + (\omega_0/Q)s + \omega_0^2}, \quad (2)$$

unde variabila de stare $s = j\omega$, iar valorile constantelor sînt :

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{K_3}{R_1R_2C_1C_2}}, \quad Q = \frac{1 + K_4}{1 + K_3} \sqrt{\frac{K_3R_1C_1}{R_2C_2}},$$

$$K_B = -K_4, \quad K_J = \frac{K_4(1 + K_3)}{K_3(1 + K_4)},$$

$$K_S = \frac{K_1(1 + K_3)}{1 + K_4}.$$

Referitor la expresia (2) poate fi făcută următoarea observație : nu în toate cazurile curba de răspuns este simetrică ($K_J = K_S = K_R$) față de f_r și scrierea explicită a numărătorului acestei expresii permite alegerea convenabilă a coeficienților K_J și K_S , putîndu-se astfel „acorda” filtrul pentru a obține rejecție maximă la f_r dorit.

2. Exemple de proiectare

Considerate de autori ca fiind reprezentative pentru înțelegerea metodologiei de proiectare vor fi analizate 3 exemple : un filtru TB, un filtru RB funcționînd la frecvențe medii, respectiv un filtru RB pentru frecvențe joase. Toate calculele de proiectare, precum și schemele electrice care vor fi stabilite în acest capitol se bazează pe materialul prezentat în [2] și/sau în lucrarea [4].

Exemplul 1. Va fi proiectat un filtru TB tip Cebîșev cu 8 poli, riplu de 1 dB, $f_0 = 1200$ Hz și $Q_{TB} = 25$ utilizînd circuitul integrat hibrid H 952 pentru care $R = 5 \cdot 10^4 \Omega$.

Cu programul Cebîșev TJ dat în tabelul II din lucrarea [4] (datele de intrare pentru program fiind 4 poli, respectiv riplu de 1 dB) se obține :

$$f_n = 0,99323 \quad Q = 3,55904$$

$$f_n = 0,52858 \quad Q = 0,78455.$$

Utilizînd programul Fortran dat în tabelul III din lucrarea [4] și ca date de intrare pentru program valorile f_n și Q obținute mai sus,

* Centrul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Componente Electronice — București.

precum și $Q_{TB} = 25$, rezultă :

$$f_{n1} = 1,00818 \quad Q_1 = 74,21519$$

$$f_{n2} = 0,99189 \quad Q_2 = 74,21410$$

$$f_{n3} = 1,01986 \quad Q_3 = 179,19901$$

$$f_{n4} = 0,98053 \quad Q_4 = 179,19507.$$

Pentru a realiza filtrul **TB** sint necesare 4 secțiuni conectate în serie, astfel încît, în continuare, calculele vor fi efectuate separat pentru fiecare dintre cele 4 etaje ale filtrului.

Etajul 1. Se denormează f_{n1} :

$$f_{01} = f_{n1} \cdot f_0 = 1,00818 \cdot 1200 = 1209,816 \text{ Hz.}$$

Se alege configurația cu intrare neînversoare și, deoarece $f_0 < 8 \text{ kHz}$, vor fi utilizate ecuațiile de proiectare (A) corespunzătoare acestei configurații :

$$1. R_{F1} = R_{F2} = \frac{1,592 \cdot 10^8}{f_0};$$

$$2. A_{TB} = Q \cdot A_{TJ} = Q \cdot A_{TS};$$

$$3. R_G = \frac{R \cdot Q}{A_{TB} \cdot Q_p};$$

$$4. R_Q = \frac{R}{2Q_p - \frac{A_{TB} \cdot Q_p}{Q} - 1}.$$

Se calculează valoarea rezistențelor care determină frecvența :

$$R_{F1} = R_{F2} = \frac{1,592 \times 10^8}{f_{01}} = \frac{1,592 \times 10^8}{1209,816} =$$

$$= 131590,26 \Omega \cong 131,59 \text{ k}\Omega.$$

Se calculează produsul :

$$f_{01} \cdot Q_1 = 1209,816 \times 74,21519 = 89786,72 \cong$$

$$\cong 0,90 \times 10^5 < 10^5, \text{ rezultă } Q_{p1} = Q_1.$$

În cazul alegerii configurației cu intrare neînversoare și a ecuațiilor de proiectare (A) trebuie să se verifice (vezi tabelul IV din lucrarea [4]) dacă este îndeplinită condiția : $2Q_p - A_{TB} > 1$. Stabilind pentru acest etaj $A_{TB} = 1$ rezultă : $2 \cdot 74,21519 - 1 = 147,43 \gg 1$, ceea ce demonstrează selecția corectă a configurației.

Acum pot fi calculate valorile rezistențelor care determină amplificarea, respectiv factorul

de calitate :

$$R_G = \frac{R \cdot Q_1}{A_{TB} \cdot Q_{p1}} = \frac{5 \cdot 10^4 \cdot 74,21519}{1 \cdot 74,21519} =$$

$$= 5 \cdot 10^4 \Omega = 50 \text{ k}\Omega;$$

$$R_Q = \frac{R}{2Q_{p1} - \frac{A_{TB} \cdot Q_{p1}}{Q_1} - 1} =$$

$$= \frac{5 \times 10^4}{2 \cdot 74,21519 - \frac{1 \cdot 74,21519}{74,21519} - 1} = 341,46 \Omega.$$

Se observă că, în acest caz, $R_G = 50 \text{ k}\Omega$ și $R_3(\text{intern})$ poate fi folosit ca R_G .

Etajul 2. Se denormează f_{n2} :

$$f_{02} = f_{n2} \cdot f_0 = 0,99189 \cdot 1200 = 1190,268 \text{ Hz.}$$

Se calculează valoarea rezistențelor care determină frecvența :

$$R_{F1} = R_{F2} = \frac{1,592 \times 10^8}{f_{02}} = \frac{1,592 \times 10^8}{1190,268} =$$

$$= 133751,39 \Omega \cong 133,75 \text{ k}\Omega.$$

Se calculează produsul :

$$f_{02} \cdot Q_2 = 1190,268 \times 74,21410 = 88334,67 \cong$$

$$\cong 0,88 \times 10^5 < 10^5, \text{ deci } Q_{p2} = Q_2.$$

Stabilind și pentru acest etaj $A_{TB} = 1$, pot fi calculate acum valorile rezistențelor care determină amplificarea, respectiv factorul de calitate :

$$R_G = \frac{R \cdot Q_2}{A_{TB} \cdot Q_{p2}} = \frac{5 \cdot 10^4 \cdot 74,21410}{1 \cdot 74,21410} =$$

$$= 5 \cdot 10^4 \Omega = 50 \text{ k}\Omega;$$

$$R_Q = \frac{R}{2Q_{p2} - \frac{A_{TB} \cdot Q_{p2}}{Q_2} - 1} =$$

$$= \frac{5 \times 10^4}{2 \cdot 74,21410 - \frac{1 \cdot 74,21410}{74,21410} - 1} = 341,46 \Omega.$$

Valoarea obținută pentru R_G (50 kΩ) permite, și în acest caz, să se folosească R_3 (intern) ca R_G .

Etajul 3. Se denormează f_{n3} :

$$f_{03} = f_{n3} \cdot f_0 = 1,01986 \cdot 1200 = 1223,832 \text{ Hz.}$$

Se calculează valoarea rezistențelor care determină frecvența:

$$\begin{aligned} R_{F1} = R_{F2} &= \frac{1,592 \times 10^8}{f_{03}} = \frac{1,592 \times 10^8}{1223,832} = \\ &= 130083,21 \Omega \cong 130,08 \text{ k}\Omega. \end{aligned}$$

Se calculează produsul:

$$\begin{aligned} f_{03} \cdot Q_3 &= 1223,832 \times 179,19901 = \\ &= 219309,48 \cong 2,193 \times 10^5 > 10^5. \end{aligned}$$

Se localizează acest produs în figura 6 (corespunzătoare circuitului H 952) din lucrarea [4] și se obține: $f_{03} \cdot Q_{p3} = 2,24438 \cdot 10^5$. Rezultă:

$$Q_{p3} = \frac{2,24438 \cdot 10^5}{f_{03}} = \frac{2,24438 \cdot 10^5}{1223,832} = 183,38955.$$

Stabilindu-se aceeași amplificare $A_{TB} = 1$, se calculează acum valorile rezistențelor care determină amplificarea, respectiv factorul de calitate:

$$\begin{aligned} R_G &= \frac{R \cdot Q_3}{A_{TB} Q_{p3}} = \frac{5 \cdot 10^4 \cdot 179,19901}{1 \cdot 183,38955} = \\ &= 48857,48 \Omega \cong 48,86 \text{ k}\Omega; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_Q &= \frac{R}{2Q_{p3} - \frac{A_{TB} \cdot Q_{p3}}{Q_3} - 1} = \\ &= \frac{5 \times 10^4}{2 \cdot 183,38955 - \frac{1 \cdot 183,38955}{179,19901} - 1} = \\ &= 137,08 \Omega. \end{aligned}$$

Etajul 4. Se denormează f_{n4} :

$$f_{04} = f_{n4} \cdot f_0 = 0,98053 \cdot 1200 = 1176,636 \text{ Hz.}$$

Se calculează valoarea rezistențelor care determină frecvența:

$$\begin{aligned} R_{F1} = R_{F2} &= \frac{1,592 \times 10^8}{f_{04}} = \frac{1,592 \times 10^8}{1176,636} = \\ &= 135300,98 \Omega \cong 135,30 \text{ k}\Omega. \end{aligned}$$

Se calculează produsul:

$$\begin{aligned} f_{04} \cdot Q_4 &= 1176,636 \cdot 179,19507 = 210847,37 \cong \\ &\cong 2,108 \times 10^5 > 10^5. \end{aligned}$$

Se localizează acest produs în figura 6 (corespunzătoare circuitului H 952) din lucrarea [4] și se obține: $f_{04} \cdot Q_{p4} = 2,14151 \cdot 10^5$. Rezultă:

$$\begin{aligned} Q_{p4} &= \frac{2,14151 \cdot 10^5}{f_{04}} = \frac{2,14151 \cdot 10^5}{1176,636} = \\ &= 182,00314. \end{aligned}$$

În sfârșit, stabilind și pentru acest etaj $A_{TB} = 1$, pot fi calculate valorile rezistențelor care determină amplificarea, respectiv factorul de calitate:

$$\begin{aligned} R_G &= \frac{R \cdot Q_4}{A_{TB} \cdot Q_{p4}} = \frac{5 \cdot 10^4 \cdot 179,19507}{1 \cdot 182,00314} = \\ &= 49228,57 \Omega \cong 49,23 \text{ k}\Omega; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_Q &= \frac{R}{2Q_{p4} - \frac{A_{TB} \cdot Q_{p4}}{Q_4} - 1} = \\ &= \frac{5 \cdot 10^4}{2 \cdot 182,00314 - \frac{1 \cdot 182,00314}{179,19507} - 1} = \\ &= 138,13 \Omega. \end{aligned}$$

Avind în vedere faptul că sînt disponibile valorile rezistențelor R_{F1} , R_{F2} , R_G și R_Q pentru cele 4 etaje, poate fi stabilită schema electrică simplificată a filtrului TB, aceasta fiind prezentată în figura 1.

Exemplul 2. Se dorește realizarea unui filtru TB tip Butterworth cu 2 poli, $f_r = 10 \text{ kHz}$ și $A_{TJ} = A_{TS} = 1,5$ utilizînd circuitul integrat hibrid H 951 pentru care $R = 10^5 \Omega$.

Dat fiind faptul că $f_r > 8 \text{ kHz}$ trebuie utilizate ecuațiile de proiectare (B) și schema electrică prezentată în figura 1 din lucrarea [4] unde rezistența de pe terminalul 9 va trebui să fie de 10 ori mai mare decît rezistența de pe terminalul 11, putîndu-se astfel obține amplificări egale la frecvențe mai mari, respectiv mai mici decît f_r . Utilizarea ecuațiilor (B) impune, de asemenea, legarea unei rezistențe de 11 k Ω între terminalele 13 și 11, adică în paralel cu R_2 (intern).

Parametrii filtrului TJ pot fi găsiți în tabelul I din lucrarea [4]:

$$f_n = 1,0 \quad Q = 0,70711.$$

Denormarea lui f_n duce la :

$$f_0 = f_n \cdot f_r = 1,0 \times 10000 = 10000 \text{ Hz.}$$

Pentru a realiza funcția **RB** se poate utiliza fie configurația cu intrare neinversoare, fie

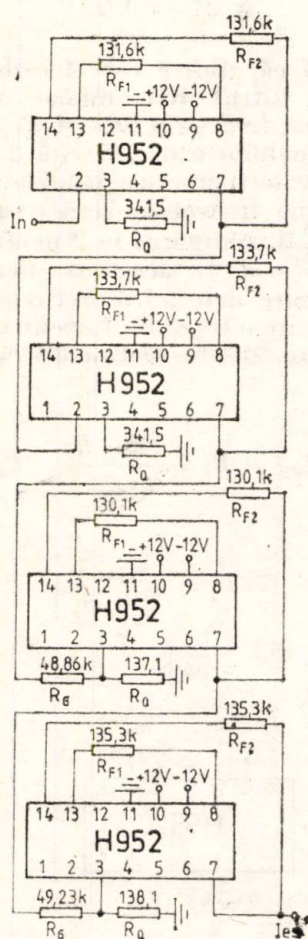


Fig. 1. Schema electrică simplificată a filtrului TB.

configurația cu intrare inversoare. În acest caz va fi aleasă cea de-a doua configurație, pentru care ecuațiile de proiectare sînt :

$$1. R_{F1} = R_{F2} = \frac{5,033 \times 10^7}{f_0};$$

$$2. A_{TB} = \frac{Q_p}{3,16} A_{TJ} = 3,16 Q_p \cdot A_{TS};$$

$$3. R_G = \frac{1,58 \cdot R \cdot Q_p}{5 \cdot A_{TB}};$$

$$4. R_Q = \frac{R}{3,48 Q_p + A_{TB} - 1}.$$

Se calculează valoarea rezistențelor care determină frecvența :

$$R_{F1} = R_{F2} = \frac{5,033 \times 10^7}{f_0} = \frac{5,033 \times 10^7}{10000} = 5033 \Omega = 5,033 \text{ k}\Omega.$$

Se calculează produsul :

$$f_0 \cdot Q = 10000 \times 0,70711 = 0,70711 \times 10^4 < 10^4. \text{ Deci } Q_p = Q.$$

$$\text{Se calculează } A_{TB} = \frac{Q_p}{3,16} A_{TJ} = \frac{0,70711}{3,16} \cdot 1,5 = 0,33565.$$

În cazul alegerii configurației cu intrare inversoare și avînd în vedere că $f_0 > 8 \text{ kHz}$ (vezi tabelul IV din lucrarea [4]) trebuie să se verifice dacă este îndeplinită condiția : $3,48 Q_p + A_{TB} > 1$. Deci : $3,48 \cdot 0,70711 + 0,33565 = 2,79639 > 1$, ceea ce înseamnă o selecție corectă a configurației.

Acum pot fi calculate valorile rezistențelor care determină amplificarea, respectiv factorul de calitate :

$$R_G = \frac{1,58 \cdot R \cdot Q_p}{5 \cdot A_{TB}} = \frac{1,58 \cdot 10^5 \cdot 0,70711}{5 \cdot 0,33565} = 66571,36 \Omega \approx 66,57 \text{ k}\Omega;$$

$$R_Q = \frac{R}{3,48 Q_p + A_{TB} - 1} = \frac{10^5}{3,48 \cdot 0,70711 + 0,33565 - 1} = 55667,11 \Omega \approx 55,67 \text{ k}\Omega.$$

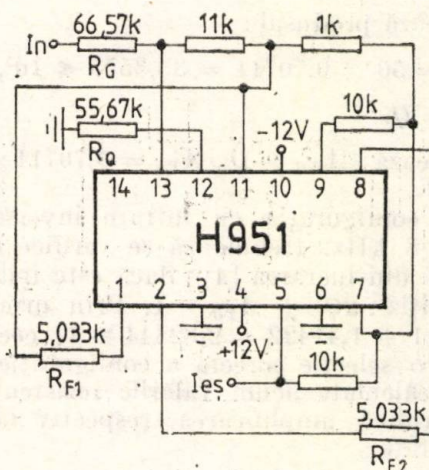


Fig. 2. Schema electrică simplificată a filtrului RB funcționînd la frecvențe medii.

Valorile R_{F1} , R_{F2} , R_G și R_Q calculate pînă în prezent permit să fie stabilită schema electrică simplificată a filtrului **RB**, aceasta fiind prezentată în figura 2.

Exemplul 3. Avînd în vedere utilitatea lui practică (pentru a rejecta frecvența rețelei) va fi proiectat și un filtru **RB** tip Butterworth cu 2 poli, $f_r = 50$ Hz și $A_{TJ} = A_{TS} = 2$, utilizînd circuitul integrat hibrid H 952 (pentru care $R = 5 \cdot 10^4 \Omega$).

Parametrii filtrului **TJ** vor fi aceiași ca în exemplul precedent :

$$f_n = 1,0 \quad Q = 0,70711.$$

Prin denormarea lui f_n se obține :

$$f_0 = f_n \cdot f_r = 1,0 \times 50 = 50 \text{ Hz}.$$

Se alege, de asemenea, configurația cu intrare inversoare și, pentru că $f_0 < 8$ kHz, vor fi utilizate ecuațiile de proiectare (A) corespunzătoare acestei configurații :

$$1. R_{F1} = R_{F2} = \frac{1,592 \times 10^8}{f_0};$$

$$2. A_{TE} = Q_p \cdot A_{TJ} = Q_p \cdot A_{TS};$$

$$3. R_G = \frac{R \cdot Q_p}{A_{TB}};$$

$$4. R_Q = \frac{R}{2Q_p + A_{TB} - 1}.$$

Se calculează valoarea rezistențelor care determină frecvența :

$$R_{F1} = R_{F2} = \frac{1,592 \times 10^8}{f_0} = \frac{1,592 \times 10^8}{50} = 3184000 \Omega = 3,184 \text{ M}\Omega.$$

Se calculează produsul :

$$f_0 \cdot Q = 50 \times 0,70711 = 35,3555 \ll 10^5,$$

deci $Q_p = Q$.

Se calculează $A_{TB} = Q_p \cdot A_{TJ} = 0,70711 \times 2 = 1,41422$.

Pentru configurația cu intrare inversoare, cînd $f_0 < 8$ kHz, trebuie să se verifice (vezi tabelul IV din lucrarea [4]) dacă este îndeplinită condiția : $2Q_p + A_{TB} > 1$. Prin urmare : $2 \times 0,70711 + 1,41422 = 2,82844 > 1$, ceea ce înseamnă o selecție corectă a configurației.

Pot fi calculate acum valorile rezistențelor care determină amplificarea, respectiv factorul de calitate :

$$R_G = \frac{R \cdot Q_p}{A_{TB}} = \frac{5 \cdot 10^4 \cdot 0,70711}{1,41422} = 25000 \Omega = 25 \text{ k}\Omega;$$

$$R_Q = \frac{R}{2Q_p + A_{TB} - 1} =$$

$$= \frac{5 \cdot 10^4}{2 \cdot 0,70711 + 1,41422 - 1} = 27345,72 \Omega \approx$$

$$\approx 27,35 \text{ k}\Omega.$$

Se observă că, dintre cele 4 rezistențe care configurează filtrul **RB**, numai rezistențele care determină frecvența (R_{F1} și R_{F2}) au valori în afara domeniului uzual. Există 2 posibilități de a folosi valori practice pentru rezistențele care determină frecvența, ceea ce face ca filtrul să poată fi configurat în 2 moduri diferite.

Varianta a. În acest caz fiecare dintre rezistențele care determină frecvența poate fi înlocuită cu cite o rețea în *T*, pentru care valorile celor 3 rezistențe se calculează [2, 4] cu formula :

$$R_{F1} = R_{F2} = R_F = \frac{R_a \cdot R_b}{R_c} + R_a + R_b.$$

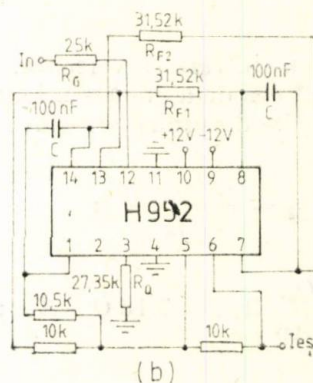
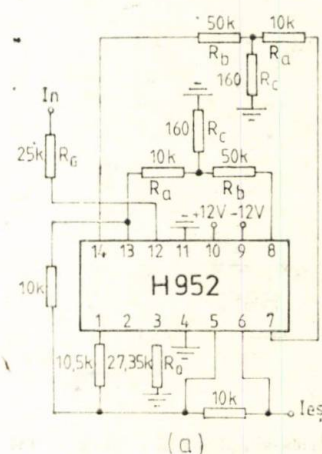


Fig. 3. Schemele electrice simplificate ale filtrului **RB** pentru frecvențe joase :

(a) varianta obținută prin înlocuirea cu rețele în *T* a rezistențelor care determină frecvența (R_{F1} și R_{F2});
(b) varianta obținută prin legarea unor condensatoare *C* în paralel cu C_1 și C_2 (interne).

Alegându-se valorile convenabile $R_a = 10 \text{ k}\Omega$ și $R_b = 50 \text{ k}\Omega$, rezultă :

$$R_c = \frac{R_a \cdot R_b}{R_F - R_a - R_b} = \frac{10^4 \cdot 5 \cdot 10^4}{3,184 \cdot 10^6 - 10^4 - 5 \cdot 10^4} = 160 \Omega.$$

Schema electrică simplificată a filtrului RB în această variantă este prezentată în figura 3a.

Varianta b. De asemenea, legarea unor condensatoare în paralel cu C_1 și C_2 (interne) reprezintă [2, 4] cea de-a doua modalitate de a micșora valorile rezistențelor R_{F1} și R_{F2} . Alegând $C = 100 \text{ nF}$, rezultă :

$$\begin{aligned} R_{F1}(\text{nou}) &= R_{F2}(\text{nou}) = \\ &= R_{F1}(\text{vechi}) \frac{1000 \text{ pF}}{C + 1000 \text{ pF}} = \\ &= 3184000 \frac{1000}{100000 + 1000} = \\ &= 31524,74 \Omega \approx 31,52 \text{ k}\Omega. \end{aligned}$$

Schema electrică simplificată a filtrului RB realizat în această variantă este cea prezentată în figura 3b.

3. Rezultate și discuții

În figurile 4, 5, respectiv 6 a și b sînt reprezentate funcțiile de transfer pentru filtrele TB și RB analizate, fiecare figură conținînd cîte 3 curbe obținute pe căi diferite.

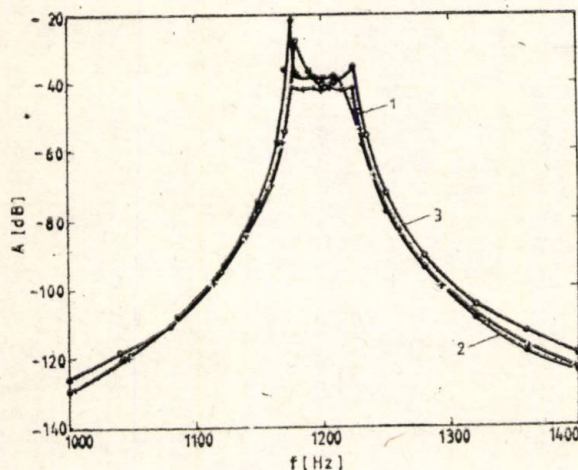


Fig. 4. Funcțiile de transfer obținute pe cele 3 căi diferite pentru filtrul TB.

Astfel, curbele 1 au fost obținute prin trăsarea cu calculatorul a funcțiilor de transfer teoretice, acestea fiind : expresia (1) înmulțită

de 3 ori cu ea însăși (cu valorile constantelor corespunzătoare celor 4 etaje) pentru filtrul TB, respectiv expresia (2) pentru cele 2 filtre RB. De precizat că, în acest caz, parametrii amplificatoarelor operaționale au fost considerați ideali.

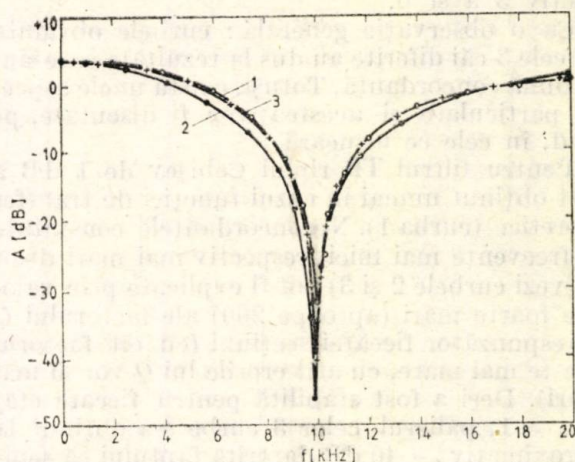


Fig. 5. Funcțiile de transfer obținute pentru filtrul RB funcționînd la frecvențe medii.

Curbele 2 au fost obținute prin analiza cu calculatorul a schemelor electrice detaliate, ținîndu-se cont de parametri reali ai amplifi-

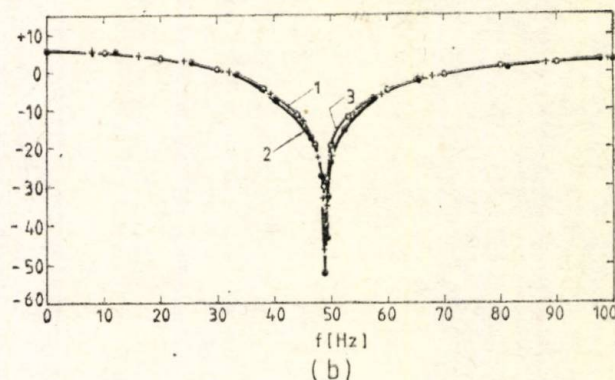
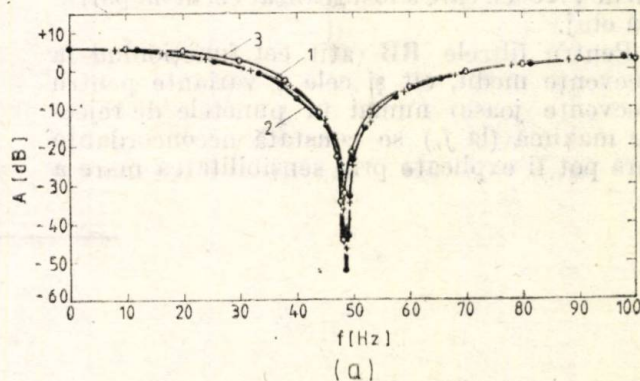


Fig. 6. Funcțiile de transfer corespunzătoare celor 2 variante de filtru RB pentru frecvențe joase.

catoarelor operaționale: $R_{in} = 1 \text{ M}\Omega$, $R_{tes} = 30 \text{ }\Omega$, $A_v = 10^5$, $\Delta U/\Delta t = 0,5 \text{ V}/\mu\text{s}$, iar polii amplificatorului la 10 Hz , respectiv la 1 MHz .

Curbele 3 reprezintă funcțiile de transfer experimentale, obținute după ce au fost realizate practic montajele din figurile 1, 2, respectiv 3 a și b.

Ca o observație generală: curbele obținute pe cele 3 căi diferite au dus la rezultate care sînt în bună concordanță. Totuși, există unele aspecte particulare și acestea vor fi discutate, pe rînd, în cele ce urmează.

Pentru filtrul **TB** riplul Cebîșev de 1 dB a fost obținut numai în cazul funcției de transfer teoretice (curba 1). Neconcordanțele constatate la frecvențe mai mici, respectiv mai mari decît f_0 (vezi curbele 2 și 3) pot fi explicate prin valorile foarte mari (aproape 200) ale factorului Q corespunzător fiecărei secțiuni (cu cît factorul Q este mai mare, cu atît erorile lui Q vor fi mai mari). Deși a fost stabilită pentru fiecare etaj $A_{TB} = 1$, palierul celor 3 curbe s-a obținut la aproximativ -40 dB datorită faptului că semnalul cu frecvența f_0 corespunzătoare unuia dintre etaje este atenuat de fiecare dintre celelalte 3 etaje (acordate pe frecvențe apropiate). Se sugerează că această atenuare poate fi compensată prin introducerea unei amplificări de 100, deplasîndu-se astfel curbele în sus cu 40 dB . În acest scop poate fi utilizat amplificatorul operațional suplimentar conținut în modulul de **FAU** cu care a fost realizat cel de-al patrulea etaj.

Pentru filtrele **RB** (atît cel funcționînd la frecvențe medii, cît și cele 2 variante pentru frecvențe joase) numai în punctele de rejecție maximă (la f_r) se constată neconcordanțe care pot fi explicate prin sensibilitatea mare a

poziției acestor puncte la micile diferențe între A_{TJ} și A_{TS} . Pentru cele 2 variante de filtru **RB** (din fig. 3 a și b) rezistențele de pe terminalul 1, respectiv de pe terminalul 13 au fost intenționat alese puțin diferite ($10,5 \text{ k}\Omega$ față de $10 \text{ k}\Omega$), obținîndu-se astfel punctele de rejecție maximă la frecvențe f_r foarte apropiate de frecvența reală a rețelei (vezi fig. 6 a și b).

4. Concluzii

Cele 3 modalități de determinare a funcțiilor de transfer au dus la rezultate apropiate. Neconcordanțe au fost constatate numai la frecvențe în jurul lui f_0 pentru filtrul **TB**, respectiv în punctele de rejecție maximă (la f_r) pentru filtrele **RB**.

Putînd constitui un ghid de proiectare pentru utilizatorii **FAU**, lucrarea de față demonstrează valabilitatea metodologiei de proiectare prezentate în lucrarea [4] prin analiza unor exemple de proiectare considerate de autori ca fiind reprezentative pentru filtrele **TB** și **RB**. Împreună cu lucrarea [5], prezenta lucrare poate fi folosită (ca ghid) pentru proiectarea oricărui tip de filtru (**TJ**, **TS**, **TB** sau **RB**).

Bibliografie

- [1] Mateescu, A., Dumitriu, N. Semnale și circuite de telecomunicații, Ed. didactică și pedagogică, București, 1979.
- [2] * * * Burr — Brown Product Data Book, 1982.
- [3] Popescu, B. EEA — Automatica și Electronica, vol. 28, nr. 1, 1984, p. 18.
- [4] Popescu, B., EEA — Automatica și Electronica, vol. 32, nr. 3, 1988, p. 150.
- [5] Popescu, B., Antohi, R., Iovan, S. EEA — Automatica și Electronica, vol. 33, nr. 2, 1989, p. 77.

1990 NOV 19





IIRUC service

**Întreprinderea pentru Întreținerea
și Repararea Utilajelor de Calcul
și de Electronică Profesională**

București — România
Bd. Dimitrie Pompei nr. 6, sector 2
Telefon : 88.20.70
Telex : Service I.I.R.U.C. 11716 R

Întreprinderea noastră a luat ființă în 1968, în București.

Acum, IIRUC oferă service tehnic pentru a gamă foarte largă de echipamente, printre care:

- comandă numerică pentru mașini-unelte
- sisteme și minisisteme de calcul
- instrumente electronice de analiză și măsură
- automate de dirijarea circulației
- televiziune în circuit închis
- radiotelefoane
- aparatură medicală
- diverse alte echipamente

În principal, service-ul tehnic pe care îl oferim se compune din :

- întreținerea preventivă periodică
- intervenții la cerere la sediul beneficiarului
- reparații și recondiționări în laboratoare proprii
- instruirea personalului de exploatare al beneficiarului.

Aceste servicii sînt oferite atât utilizatorilor, cît și producătorilor români sau străini, în România sau pe terțe piețe.

11 SECȚII

DE PRODUCȚIE

— 80 DE FILIALE

În prezent, IIRUC deține contracte de service cu mai mult de 16 000 de beneficiari români sau străini, deservind un parc de peste 350 000 de unități fizice.

Mai mult decît atât, acest parc se caracterizează prin existența a aproximativ 1 000 de tipuri diferite de echipamente, provenind de la 60 de producători independenți.

Pentru a răspunde acestor cerințe, ne-am structurat activitatea pe 11 secții de producție coordonate prin Sediul Central din București.

Secții naționale pentru service dedicat

- S 15 — Procese automatizate prin comandă numerică
— Bd. Dimitrie Pompei nr. 6, București/România, sectorul 2, tel. : 87.37.20
- S 20 — Sisteme și minisisteme de calcul cu utilizare generală
— Bd. Dimitrie Pompei nr. 6, București/România, sectorul 2, tel. : 88.68.20

Secții teritoriale pentru service generalizat

- S 03 — BUCUREȘTI
— Bd. Dimitrie Pompei nr. 6, București/România, sectorul 2, tel. : 88.60.65
- S 07 — OLTEANIA
— Cartier Rovine, bl. A, Craiova/România, tel. : 941/4.70.61
- S 08 — BANAT
— Piața 700, Timișoara/România, tel. : 961/3.45.26
- S 09 — TRANSILVANIA-NORD
— Str. Cîmpeni nr. 28, Cluj-Napoca/România, tel. : 951/3.41.14
- S 10 — TRANSILVANIA-SUD
— Str. Traian nr. 34, Brașov/România, tel. : 921/3.09.37
- S 11 — MOLDOVA
— Str. Republicii, Iași/România, tel. : 981/3.28.44, 3.33.02
- S 12 — MUNTENIA
— Bd. Dimitrie Pompei nr. 6, București/România, sectorul 2, tel. : 88.61.80
- S 13 — DOBROGEA
— Str. Poporului nr. 121, Constanța/România, tel. : 916/6.45.95, 6.47.93

